ISSN 0869-7892



РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

2019 80

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

REGIONAL GEOLOGY and METALLOGENY

Основан в 1993 году

Учредитель — Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ)

№ 80/2019

Главные редакторы

МОРОЗОВ Андрей Федорович Зам. руководителя Федерального агентства по недропользованию

> ПЕТРОВ Олег Владимирович Генеральный директор ВСЕГЕИ

> > Editors-in-Chief

Andrey MOROZOV Deputy Head of the Federal Agency of Mineral Resources

> Oleg PETROV Director General VSEGEI

Санкт-Петербург 🗞 Издательство ВСЕГЕИ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ № 80/2019

Регистрационное свидетельство № П 0305 от 10.03.1993 (Перерегистрация ПИ № ФС 77-29340 от 24 августа 2007 г.)

Главные редакторы:

Морозов А.Ф., канд. геол.-минерал. наук Петров О.В., чл.-корр. РАН

Заместители главного редактора:

Жамойда А.И., чл.-корр. РАН Масайтис В.Л., д-р геол.-минерал. наук Толмачева Т.Ю., д-р геол.-минерал. наук

Члены редколлегии:

Бискэ Г.С., д-р геол.-минерал. наук (СПбГУ) Бортников Н.С., академик РАН, д-р геол.-минерал. начк (ИГЕМ РАН) Вялов В.И., д-р геол.-минерал. наук (МГУ) Егоров А.С., д-р геол.-минерал. наук (СПГУ) Ермилова О.К. (ВГБ) Жарков А.М., д-р геол.-минерал. наук (ВНИГРИ) Кашубин С.Н., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ) Котов А.Б., д-р геол.-минерал. наук (ИГГД РАН) Ларичев А.И., канд. геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ) Миронов Ю.Б., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ) Молчанов А.В., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ) Ошуркова М.В., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ) Проскурнин В.Ф., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ) Рундквист Д.В., академик РАН, д-р геол.-минерал. наук (ГГМ РАН) Сысоев А.П., д-р геол.-минерал. наук (ВСЕГЕИ) Ханчук А.И., академик РАН, д-р геол.-минерал. наук (ДВГИ ДВО РАН) Худолей А.К., д-р геол.-минерал. наук (СПбГУ) Зельтманн Р., д-р геол.-минерал. наук (Музей естествознания, Лондон)

Editors-in-Chief:

Morozov A.F., PhD Petrov O.V., Corr. Member of RAS

Deputies Editors-in-Chief:

Zhamoyda A.I., Corr. Member of RAS Masaitis V.L., D.Sc. Tolmacheva T.Yu., D.Sc.

Editorial board:

Biske G.S., D.Sc. (SPbU) Bortnikov N.S., Academician of RAS, D.Sc. (IGEM RAS) Vyalov V.I., D.Sc. (MSU) Egorov A.S., D.Sc. (SPMU) Ermilova O.K. (RGL) Zharkov A.M., D.Sc. (VNIGRI) Kashubin S.N., D.Sc. (VSEGEI) Kotov A.B., D.Sc. (IPGG RAS) Larichev A.I., PhD (VSEGEI) Mironov Yu.B., D.Sc. (VSEGEI) Molchanov A.V., D.Sc. (VSEGEI) Oshurkova M.V., D.Sc. (VSEGEI) Proskurnin V.F., D.Sc. (VSEGEI) Rundkvist D.V., Academician of RAS, D.Sc. (SGM RAS) Sysoev A.P., D.Sc. (VSEGEI) Khanchuk A.I., Academician of RAS, D.Sc. (FEGI FEB RAS) Khudoley A.K., D.Sc. (SPbU) Seltmann R., D.Sc. (Natural History Museum, London)

Журнал включен в национальную библиографическую базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ) и перечень Высшей аттестационной комиссии (ВАК) по специальности 25.00.00 – науки о Земле.

Адрес электронной версии журнала: на русском языке: http://www.vsegei.ru/ru/public/reggeology_met/content на английском языке (аннотации): http://www.vsegei.ru/en/rgm/content/index.php

Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения учредителя журнала.

Редакция: О. Н. Алексеева, Л. В. Набиева, О. Е. Степурко, С. В. Щербакова Подписано в печать 18.12.2019. Печ. л. 15. Уч.-изд. л. 16,5. Формат 60×84/8. Тираж 300 экз. Заказ № 80000582

Адрес издательства ВСЕГЕИ. Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. Журнал «Региональная геология и металлогения». Тел. (812) 328-90-90 (доб. 23-23, 24-24) E-mail: izdatel@vsegei.ru

Отпечатано

на Картографической фабрике ВСЕГЕИ. Средний пр., 72, Санкт-Петербург, 199178, Россия Тел. (812) 328-91-90, факс 321-81-53 www.kf-vsegei.ru

© Издательство ВСЕГЕИ, «Региональная геология и металлогения», 2019

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Л. А. Дараган-Сущова, В. Н. Зинченко, Ю. И. Дараган-Сущов, И. Н. Савельев О времени главного погружения до океанических глубин и масштабах разновозрастного рифтогенеза в Арктическом бассейне по результатам интерпретации сейсмических данных

> *М. А. Наумчева, В. К. Голубев* Комплексы остракод пограничных отложений перми и триаса Московской синеклизы

И. И. Голубева, Д. Н. Ремизов, И. Н. Бурцев, В. Н. Филиппов, А. С. Шуйский Флюидоэксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса Среднего Тимана и их парагенетическая связь с карбонатитами

А. С. Ибрагимов Геолого-гидрогеологические и геохимические факторы скопления микроэлементов в хлоридных рассолах (на примере Бухаро-Каршинского артезианского бассейна)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ

- О. В. Петров, Е. А. Киселёв, В. И. Шпикерман, Ю. П. Змиевский Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирового типа в вулкано-плутонических поясах восточных районов России по результатам работ составления листов Госгеолкарты-1000/3
- А. С. Духанин, С. Г. Алексеев, Н. П. Сенчина Структура струйных ореолов рассеяния глубокозалегающих месторождений Рудного Алтая

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Предварительные итоги работы Федерального агентства по недропользованию за 2019 и задачи на 2020 г.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

А. В. Молчанов, Л. И. Гурская, С. В. Кашин, Н. С. Соловьёв, А. В. Терехов, В. А. Шамахов Отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ – прошлое и настоящее (к 65-летию отдела)

REGIONAL GEOLOGY

- 5 *L. A. Daragan-Sushchova, V. N. Zinchenko, Yu. I. Daragan-Sushchov, I. N. Savel'ev* The time of the main submersion to the oceanic depths and the scale of different age rifting in the Arctic Basin based on the results of seismic data interpretation
- 21 *M. A. Naumcheva, V. K. Golubev* Ostracod assemblages from the Permian-Triassic boundary interval of the Moscow Syneclise
- 30 *I. I. Golubeva, D. N. Remizov, I. N. Burtsev, V. N. Filippov, A. S. Shuyskiy* Fluid-explosion ultramafic rocks of the Middle Timan dyke complex and their paragenetic association with carbonatite
- 45 A. S. Ibragimov

Geological, hydrogeological and geochemical factors of trace elements accumulation in chloride brines: Case study of the Bukhara-Karshi artesian basin

METALLOGENY

- 50 O. V. Petrov, E. A. Kiselev, V. I. Shpikerman, Yu. P. Zmievskiy Anticipating the distribution of gold-copper-porphyry-type deposits in volcanic-plutonic belts of Russia's eastern regions based on results of compiling sheets of the State Geological Map-1000/3
- 75 A. S. Dukhanin, S. G. Alekseev, N. P. Senchina Structure of jet-like dispersion halos of deeply buried mineral deposits in the Rudny Altai

BRIEF REPORTS

95 Preliminary working results of the Federal Agency of Mineral Resources over 2019 and plans for 2020

MEMORIALS

97 A. V. Molchanov, L. I. Gurskaya, S. V. Kashin, N. S. Solov'ev, A. V. Terekhov, V. A. Shamakhov Department of Metallogeny and Geology of Mineral Deposits, VSEGEI, – past and present (65th anniversary of the Department) И. К. Борисова 108 І. К. Вогізоvа Андрей Яковлевич Кремс Andrey Yakovlevich Krems

ЮБИЛЕИ ANNIVERSARIES

Александр Андреевич Кирсанов 111 Alexander A. Kirsanov

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ¹¹⁴ LIST OF ARTICLES ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2019 ГОДУ PUBLISHED IN 2019

Л. А. ДАРАГАН-СУЩОВА, В. Н. ЗИНЧЕНКО (ВСЕГЕИ), Ю. И. ДАРАГАН-СУЩОВ (ВНИИОкеангеология), И. Н. САВЕЛЬЕВ (ВСЕГЕИ)

О времени главного погружения до океанических глубин и масштабах разновозрастного рифтогенеза в Арктическом бассейне по результатам интерпретации сейсмических данных

В статье даны ответы на два актуальных вопроса: время главного погружения до океанических глубин, возраст и масштабы рифтогенеза. Доказано, что Северный Ледовитый океан образовался одновременно по всему Арктическому бассейну, независимо от знака современных структур. Погружение началось в олигоцене и резко усилилось со среднего миоцена. Установлена разноэтапность погружения бассейнов до океанических глубин, определившая морфологию современных склонов. Показано, что система горстов и грабенов, наблюдаемая по всему Арктическому бассейну, возникла на орогенной стадии развития поднятий, разбитых в результате горообразования на межгорные и предгорные впадины и прогибы. Установлен огромный разрыв во времени между опусканием до океанических глубин (средний миоцен) и формированием горсто-грабеновой структуры. Масштабы грабенов очень скромные и не коррелируются с известными рифтами.

Ключевые слова: Арктический бассейн, Северный Ледовитый океан, интерпретация сейсмических данных, погружение до океанических глубин, возраст и масштабы рифтогенеза, горст, грабен, межгорные и предгорные впадины и прогибы.

> L. A. DARAGAN-SUSHCHOVA, V. N. ZINCHENKO (VSEGEI), YU. I. DARAGAN-SUSHCHOV (VNIIOkeangeologia), I. N. SAVEL'EV (VSEGEI)

The time of the main submersion to the oceanic depths and the scale of different age rifting in the Arctic Basin based on the results of seismic data interpretation

The article answers two topical questions: the time of the main submergence to the ocean depths, the age and extent of rifting. It is shown that the Arctic Ocean was formed simultaneously across the entire Arctic Basin, regardless of the sign of Recent structures. The submergence began in the Oligocene and increased sharply from the Middle Miocene. Different stages of basin submergence to oceanic depths, which determined morphology of modern slopes, have been identified. It is shown that the horst and graben system recorded all over the Arctic Basin, occurred at the orogenic stage of the growth of elevations, broken in the course of orogenesis into intermontane and piedmont depressions and troughs. A huge time gap between the submergence to the ocean depths (Middle Miocene) and the formation of the horst and graben structure has been established. Grabens' dimensions are very modest and do not correlate with known rifts.

Keywords: Arctic Basin, Arctic Ocean, seismic data interpretation, submergence to ocean depths, age and extent of rifting, horst, graben, intermontane and piedmont depressions and troughs.

Для цитирования: Дараган-Сущова Л. А. О времени главного погружения до океанических глубин и масштабах разновозрастного рифтогенеза в Арктическом бассейне по результатам интерпретации сейсмических данных / Л. А. Дараган-Сущова, В. Н. Зинченко, Ю. И. Дараган-Сущов, И. Н. Савельев // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 5–20.

Введение. Современный Арктический бассейн занимает северную полярную область Земли и представлен глубоководной впадиной Северного Ледовитого океана (СЛО) и сопредельными шельфами Евразии и Северо-Американского континента [1]. СЛО является самым молодым океаном планеты с многочисленными участками с континентальной или не полностью океанизированной коры. В отличие от зрелых океанов для него характерны наименьшие площадные размеры, средние глубины и наиболее обширные континентальные шельфы, осадочные бассейны которых формировались на доокеаническом этапе тектонического развития [2] и имеют мощный осадочный чехол. По батиметрическим и геофизическим данным в глубоководной части СЛО выделяют Евразийский и Амеразийский бассейны. Морфоструктура Евразийского бассейна наиболее простая: две глубоководные впадины Нансена и Амундсена и разделяющий их срединный хр. Гаккеля. Амеразийский бассейн представлен обширной глубоководной Канадской котловиной с морем Бофорта, Чукотским плато и хр. Нордуинд и Центрально-Арктическим поясом поднятий и впадин, который состоит из хребтов Ломоносова и Альфа-Менделеева и погруженных на разные глубины впадин Подводников и Макарова. В Амеразийском бассейне значительно большее разнообразие структур, слагающих бассейн, отсутствуют морфологически выраженные срединно-океанические хребты, есть затруднения с выделением и идентификацией не явно выраженных линейных магнитных аномалий.

Общеизвестно повышенное внимание международного сообщества к Арктическому бассейну, которое обусловлено его возросшим политикоэкономическим значением. Помимо проблем с обоснованием внешней границы континентального шельфа, бассейн является уникальным объектом по причине своей молодости для реконструкции истории геологического развития и разработки геодинамических моделей зарождающегося океана. В связи с практическими задачами по освоению этого бассейна в последние десятилетия значительно возросло количество и качество сейсмических работ, дополненное драгированием донного обломочного материала и глубоководным бурением. Поскольку Арктический бассейн почти недоступен для непосредственного геологического наблюдения, сейсмическое профилирование – главнейший источник фактического материала для расшифровки строения осадочного чехла и реконструкции последовательности событий в регионе в динамическом аспекте с историко-геологических позиций. Применяя приемы сейсмостратиграфии, по отражающим горизонтам и волновым полям удается выявить не только структуру осадочного чехла, но и прогнозировать распределение сейсмофаций в разрезе и прослеживать их по латерали на большие расстояния. Цель статьи – демонстрация результатов интерпретации сейсмических материалов и их вклада в решение некоторых наиболее проблемных вопросов развития региона. В статье рассмотрены два из них: о времени главного погружения дна Арктического бассейна до современных глубин, а также о возрасте и масштабах рифтогенеза.

Согласно наиболее часто используемой в последнее время плейт-тектонической концепции [15; 17; 21], время заложения глубоководных бассейнов в пределах СЛО различно: готерив-барремское для Канадской котловины, верхнемеловое – котловины Макарова и эоценовое – спредингового – Евразийского бассейна. Считается, что главной причиной формирования Амеразийского бассейна СЛО явился рифтогенез, который начался в Арктике с излияния аптских плато-базальтовых толщ поднятия Менделеева.

Фактический материал и методика исследований. Изучение базируется на анализе волновых полей каркаса взаимоувязанных сейсмических профилей различного разрешения, охватывающих шельф, часть акватории в области Центрально-Арктических поднятий, а также сопряженных глубокопогруженных впадин и котловин. Комплект взаимоувязанных профилей МОВ ОГТ состоял из 77 профилей (30 026 пог. км) и данных по 201 зонду. Сейсмические разрезы на шельфах в основном получены по самым передовым технологиям с длинами приемного устройства около 8 км. В глубоководной части Арктического бассейна, где представлялась возможность по метеоусловиям и ледовой обстановке, часть профилей получена с длиной косы 4,5 км, остальные профили – с косой 0,6 км. Все профили прошли стандартный современный граф обработки. Сейсмические работы МОВ ОГТ, используемые в исследовании, проводились разными организациями, но в основном МАГЭ (Мурманск), ДМНГ (Южно-Сахалинск), Севморгео, ГНИНГИ (Санкт-Петербург).

Стратификация осадочного чехла глубоководной части СЛО и шельфов основана на характеристике волновых полей (динамических и кинематических) и прослеживании отражающих горизонтов (ОГ) по латерали. Для возрастной идентификации ОГ и сейсмокомплексов привлекались результаты глубоководного бурения в приполюсной части хр. Ломоносова (скв. АСЕХ-302) [20], глубокие скважины, пробуренные на Аляскинском шельфе в Чукотском море [16], и геологические наблюдения на арктических островах и материке. Дополнительной характеристикой, учитываемой при корреляции квазисинхронных сейсмических комплексов (КССК), является распределение пластовых скоростей по сейсмическому разрезу, которые не могут быть атрибутами собственно стратиграфии, хотя несут важную информацию о физических свойствах исследуемой среды. Интерпретация сейсмических данных МОВ ОГТ осуществлялась в соответствии с принципами сейсмостратиграфии [12]. Этот научный метод получил мировое признание, продолжая активно развиваться при исследовании закрытых территорий и акваторий. Принимая во внимание практически полное отсутствие скважин в глубоководной части СЛО, при выделении и прослеживании ОГ и КССК также применялись главные принципы классической стратиграфии, гомотаксальность признаков и их хронологическая взаимозаменяемость, позволяющие коррелировать их одинаковую последовательность (независимо от их природы) в различных разрезах и, следовательно, считать слои с одинаковыми признаками относительно одновозрастными, или квазисинхронными [10]. Подходы к корреляции ОГ Арктического бассейна и их стратиграфической идентификации эволюционно изложены ранее [5-8; 16].

Большое количество региональных сейсмических профилей позволило построить серию структурных карт и карт мощностей. Для структурных карт использовалась не единая скоростная зависимость [8] при пересчете временных в глубинные гриды, а детальные расширенные

скоростные гриды по каждому ОГ и полигоны разломов. Скоростные гриды получены с учетом всех зондов МПВ (201 шт.) в глубоководной части СЛО и 108 псевдоскважин на шельфах. Полигоны разломов представляют собой линии пересечения той или иной структурной поверхности с плоскостями разломных нарушений. Использование полигонов разломов позволяет наглядно отображать амплитуды тектонических смещений по вертикали на структурных картах. Все операции выполнялись на базе интерпретационного пакета. Карты мощностей построены на основе структурных карт по основным опорным горизонтам. С помощью ПО Spatial Analyst из поверхности нижележащего горизонта вычиталась поверхность вышележащего, в результате чего получалась поверхность, иллюстрирующая изменения мощности комплекса, заключенного между ними. К результирующим поверхностям была применена спецификация в ПО ArcMap с использованием стандартной палитры. В дополнение с помощью инструмента Contour ПО Spatial Analyst был создан векторный слой изопахит сечением от 200 м до 1 км в зависимости от максимальной мощности комплекса.

По ряду композитных региональных сейсмических профилей, пересекающих основные тектонические структуры прироссийской части Арктического бассейна, были построены и проанализированы палеотектонические разрезы. Они позволяют проследить динамику и время формирования осадочных бассейнов и поднятий и в значительной мере необходимы для обоснования геодинамических моделей. Для сейсмофациального анализа также выбраны профили, пересекающие основные тектонические структуры в регионе. В первую очередь были задействованы профили, отчетливо фиксирующие косослоистые фации в разных частях разреза (от мела до неогена) и позволяющие увязать их между собой в плане.

Результаты исследований и их обсуждение. Время главного погружения до океанических глубин. Определение времени главного погружения проиллюстрируем двумя субширотными профилями, пересекающими основные структуры как в Амеразийском, так и Евразийском бассейнах (рис. 1, 2), и картой мощности верхнего КССК (рис. 3).

Профиль Arc2012_03 (рис. 1, e) начинается от седловины Кучерова на западе и заканчивается на Чукотском плато на востоке, захватывая поднятие Менделеева и бассейн Толля. Акустический фундамент вдоль профиля повсеместно элсмирский (как и под Северо-Чукотским прогибом), разбит многочисленными нарушениями на блоки, пластовые скорости ($V_{пл}$ от 3,8 до 4,5 км/с) указывают на слабоскладчатый неметаморфизованный фундамент [6]. Сейсмофациальный анализ волновых полей КССК осадочного чехла показал, что до апта (до ОГ ВU – нижнебрукское несогласие) преобладали терригенные фации,

сформированные в пределах морских бассейнов типа эпиконтинентального разноглубоководного шельфа. Стабильная и схожая волновая картина этих толщ в пределах седловины Кучерова, бассейна Толля и в отдельных грабенах Чукотского плато свидетельствует о единстве бассейна, в котором они формировались, и близких фациальных характеристиках.

В послеаптское время (КССК BU-рСU) произошел первый этап масштабного опускания Арктического бассейна до глубин 1000-1200 м и более, который фиксируется на разрезе по профилю Arc2012 01, пересекающему профиль Arc2012 03, широким развитием клиноформных образований в южной части Амеразийского бассейна (рис. 1, б). На рассматриваемом профиле (рис. 1, а) он выражен сейсмофациями умеренно погруженных впадин эпипелагиали (секвенции K_1 -4 – K_2 -2), удаленных от края шельфа. При этом со временем площадь глубоководья в пределах Северо-Чукотского бассейна сокращалась, а бровка шельфа постепенно смещалась к северу и северо-западу (рис. 1, б), что обусловливает появление более мелководных отложений на профиле: верхнемеловые сейсмофации секвенций К₂-3 и К₂-4. В начальные фазы проградации (аптский век) внешний край шельфа находился приблизительно там же, где и сейчас, а к концу позднемеловой эпохи он располагался в районе юго-восточного склона седловины Кучерова (рис. 1, б); величина проградации в северо-западном направлении составила порядка 500 км.

В палеоцене и эоцене (КССК pCU–UB) Арктический бассейн находился в режиме относительной стабилизации и был представлен шельфовыми равнинами с глубиной моря до 300–400 м в пределах современных шельфовых пространств и Северо-Чукотского прогиба, а на остальной территории – погруженным морским дном котловин с глубинами моря до 1000 м и слабовыраженными поднятиями с глубинами до нескольких сотен метров. Осадки в этот промежуток времени лишь частично компенсировали относительно глубоководные акватории, унаследованные от мелового времени. Край внешнего шельфа находился тогда приблизительно там же, где и в конце мелового времени.

В олигоцене – раннем миоцене (КССК UB– RU) фиксируется новый этап погружения Арктического бассейна, который привел к резкому перемещению бровки шельфа к юго-востоку (рис. 1, δ), где он занял примерно то же положение, что и в начале аптского века. Началось формирование нового проградационного комплекса отложений (рис. 1, δ), который на пр. Arctica_2012_03 представлен только гемипелагическими сейсмофациями открытой морской акватории глубиной не менее 1000 м (рис. 1, *a*). В этот же отрезок времени появляются сейсмофации клиноформного напластования и в южной периферии (центриклинали) Евразийского бассейна (рис. 4, 5).





1–4 – сейсмофации: I – мелкого моря и прибрежных равнин (пограничная область суша/море), 2 – нерасчлененного шельфа (глубина моря 0–200 м), 3 –глубокого шельфа (глубина моря > 200 м), 4 – склона (первично наклонные клиноформные образования, оползневые образования); 5 – подводные конусы выноса во впадинах и котловинах; 6 – сейсмофации слабопогруженных впадин и котловин, сейсмофации краевых частей впадин и котловин (глубина моря от сотен метров до 1 км); 7 – сейсмофации умеренно погруженных впадин и котловин (глубины моря до 1,5 км); 8 – сейсмофации глубокопогруженных впадин и котловин (глубины моря более 1,5 км); 9 – вулканические образования (преимущественно базальты), межпластовые интрузивные тела; 10 – опорные сейсмические горизонты и их индексы; 11 – границы между сейсмофациями; 12 – фациальные переходы внутри сейсмофаций; 13 – индексы клиноформных комплексов; 14 – линия пересечения профилей; 15 – линии профилей (a) и участки профилей, представленных на врезках (б)

Последнее масштабное погружение Арктического бассейна устанавливается по наличию хорошо выраженных клиноформных образований (рис. 1, б) в сейсмокомплексе RU-dno (среднемиоценовое – четвертичное время). На пр. Arctica 2012_03 (рис. 1, в) данному этапу отвечают сейсмофации глубокопогруженных впадин и котловин, а также их краевых частей, представленные, видимо, преимущественно глинистыми пелагическими осадками, аналогичными тем, что вскрыты скважинами АСЕХ. Судя по конфигурации клиноформ, наиболее значимое погружение связано с самыми молодыми фазами формирования КССК RU–dno, которое охватило обширные территории и Амеразийского, и Евразийского бассейнов. Современные глубины и структуры этих бассейнов оформились именно в этот короткий промежуток времени.

Профиль ARCTICA_2011_28-065 (рис. 2, *a*) проходит севернее предыдущего от хр. Гаккеля и котловины Амундсена на западе до бассейна Подводников (включительно) на востоке, пересекая хр. Ломоносова, Восточно-Ломоносовский бассейн и отрог (поднятие) Геофизиков. Акустический фундамент в пределах профиля разновозрастный [8]. Рельеф фундамента в восточной части котловины Амундсена, на хр. Ломоносова, и западном борту Восточно-Ломоносовского бассейна резко расчленен, а в восточной половине Восточно-Ломоносовского бассейна он ровный, спокойный и на отдельных участках динамически выразителен. Такая нестабильность динамической записи указывает на относительно молодой возраст фундамента А (предположительно, доаптский). С середины котловины Амундсена на запад до хр. Гаккеля сильно расчлененный блоковый фундамент А₀ прорывает практически все комплексы осадочного чехла (об этом свидетельствует характерная динамика ОГ этих комплексов - все они задираются по разломам вверх). Возраст его прогнозируется от среднемиоценового до плиоцена, возможно, плейстоцена. К востоку от поднятия Геофизиков волновое поле поверхности акустического фундамента (Af) представлено многофазной (3-4 фазы ОГ) границей, гладкой, стабильной, нарушенной вблизи разломных зон (выступов фундамента). V_{пл} колеблется от 4,4 до 5,9 км/с, понижаясь в районе разломных зон. Динамические особенности волнового поля характерны для устоявшегося фундамента, более древнего, чем в Восточно-Ломоносовском бассейне. Судя по стратиграфическому объему чехла и особенностями волновых полей, это элсмирский (франклинский комплекс) складчатый акустический фундамент.

В котловине Амундсена в нижней до кайнозойской части разреза осадочного чехла наблюдаются 2 КССК с интенсивной слоистостью и в небольших мощностях (до 0,6–0,7 км). V_{пл} меняются от 3,1 до 3,9 км/с. Это может говорить об условиях глубокого шельфа. К западу от отрога Геофизиков в осадочном чехле наблюдаются также два комплекса с неструктурированной формой записи. Такая запись характерна либо для акустического фундамента, либо для толщ, накапливавшихся в нестабильных условиях седиментации, например, моласс, сформированных при интенсивном разрушении соседних блоков. Разделяющие эти комплексы ОГ указывают на наличие нижней и верхней молассы. что особенно выражено в Восточно-Ломоносовском бассейне, где оба комплекса присутствуют в значительных объемах. К востоку от отрога Геофизиков (включая само поднятие) в докайнозойской части разреза чехла мы наблюдаем большее число КССК (до 5) с более протяженными интенсивными, динамически выраженными отражениями с небольшими мощностями. Это свидетельствует о более раннем развитии осадочного бассейна и спокойных морских условиях осадконакопления. С нижнемеловых аптских отложений по верхний мел формируются сейсмофации умеренно погруженных впадин и котловин (глубины моря до 1,5 км). В послеаптское время (КССК BU-pCU) по композитному профилю AR1401-ES10z22m (рис. 2, б), пересекающему профиль ARCTICA 2011 28-065, наглядно представлен первый этап масштабного опускания Арктического бассейна до глубин 1000-1200 м и более, который фиксируется на разрезе по профилю широким развитием клиноформных образований и континентальным палеосклоном в районе ПК 550.

Верхняя кайнозойская (Kz) часть разреза от ОГ pCU до современных отложений (4 КССК) присутствует практически повсеместно. Варьируют мощности, в меньшей мере скорости, но стратиграфический объем почти не меняется. Мощности и пластовые скорости, как правило, уменьшаются на поднятиях (иногда до полного исчезновения КССК) и резко увеличиваются в прогибах, особенно в котловине Амундсена. На профиле фиксируется, что главное погружение в Евразийском и Амеразийском бассейнах произошло после формирования горизонта RU, т. е. со среднего миоцена.

Таким образом, по результатам сейсмофациального анализа образование современного шельфа, континентального склона и больших, в том числе абиссальных, глубин в Евразийском и Амеразийском бассейнах началось в олигоцене и резко усилилось со среднего миоцена, с ОГ RU. Только с этого времени оба бассейна погрузились до современных глубин. Это заключение полностью соответствует результатам бурения на приполюсной части хр. Ломоносова [20], что свидетельствует о совсем недавнем становлении нынешнего облика СЛО – около 13 млн лет назад. До этого времени на всем исследованном пространстве существовало разноглубоководное море или шельф. Миоценовый возраст главного погружения доказывает соответствие палеоструктурного плана миоценовых и плиоцен-четвертичных толщ Лаптевоморской континентальной окраины ее современному структурному плану [3].



10

Рис. 2. Сейсмофациальный разрез по профилю ARCTICA_2011_028-065 (a), часть композитного сейсмофациального профиля AR1401 – Es10222m (b; сейсмический разрез по профилю AR1405 в районе хр. Гаккеля (в)

15

14

K-7 13

12

11

W

10

JA.

6

8

-

9

5

4

3

N

погруженных впадин и котловин (глубины моря до 1,5 км); 8 – сейсмофации глубокопогруженных впадин и котловин (глубины моря более 1,5 км); 9 – вулканические 1-4 - сейсмофации: 1 – мелкого моря и прибрежных равнин (пограничная область суша/море), 2 – нерасчлененного шельфа (глубина моря 0–200 м), 3 – глубокого шельфа винах; 6 – сейсмофации слабопогруженных впадин и котловин, краевых частей впадин и котловин (глубина моря от сотен метров до 1 км); 7 – сейсмофации умеренно 5 - подводные конусы выноса во впадинах и котлообразования (преимущественно базальты), межпластовые интрузивные тела: 10 – опорные сейсмические горизонты и их индексы: 11 – границы между сейсмофациями: – линии профилей (a) и участки про- – индексы клиноформных комплексов; 14 – линия пересечения профилей; 15 м), 4 – склона (первично наклонные клиноформные образования, оползневые образования); внутри сейсмофаций; 13 6 врезках 12 – фациальные переходы филей, представленных на (глубина моря > 200

Характерно, что процесс погружения был различен для разных частей современной акватории. Для Евразийского бассейна, хр. Ломоносова и Восточно-Ломоносовского бассейна [8] происходило одноэтапное постепенное погружение бассейна от шельфовых условий к постепенному углублению моря до современных абиссальных глубин. На поднятии Менделеева и в бассейне Толля погружение было двухэтапным с обмелением бассейна с верхнего мела до олигоцена. Логично предположить схожую динамику погружения в грабенах Чукотского плато, хотя ввиду их малого размера и ограниченного количества сейсмических данных это не очевидно. Для Северо-Чукотского прогиба и бассейна Подводников погружение трехэтапное с обмелением бассейна в готерив-барремское и палеоцен-эоценовое время. При этом склон мелового бассейна располагался значительно севернее современного, примерно на 500 км. При погружении бассейн Подводников все время был глубже Восточно-Ломоносовского бассейна, разделяясь поднятием Геофизиков. Вероятно, разноэтапность погружения бассейнов до океанических глубин определила морфологию современных склонов – простую для Евразийского и сложную для Амеразийского бассейнов [9].

Континентальный склон в среднемиоцен-четвертичное время в виде проградирующих осадочных линз отчетливо проявлен на карте мощности последнего верхнего сейсмокомплекса RU-dno (рис. 3). На большей площади комплекс равномерно перекрывает все морфоструктуры [17] с незначительной вариацией мощностей от 0,2 до 0,8 км, причем преобладают мощности в 0,4–0,6 км. На поднятиях они обычно меньше, чем в смежных котловинах и прогибах. Комплекс частично отсутствует лишь в гребневой части хр. Ломоносова и отрога Геофизиков, в сводовой части поднятия Де-Лонга, поднятиях Врангелевско-Геральдском, Котельническом и Восточно-Чукотском. Его нет также в рифтовом троге хр. Гаккеля. Наименьшие мощности на поднятии Менделеева, хр. Ломоносова и Чукотском плато - не более 0,1-0,2 км. В отдельных впадинах котловин Евразийского бассейна мощности достигают 0,7 км. В котловине Макарова и седловине Толля мощности не превышают 0,3-0,4 км. На шельфе мощности комплекса варьируют от 0,2-0,3 км на поднятиях, включая Восточно-Лаптевское, до 0,5–0,6 км в осадочных бассейнах и прогибах. В Южно-Чукотском бассейне накопилось не более 400 м осадков. В то же время мощность КССК RU-dno резко возрастает до 1,5-2,3 км в поясе развития клиноформ, трассирующих молодой континентальный склон, и до 1.2-1,8 км в Лаптевоморском бассейне, состоящем из ряда изометричных впадин. На восток, к Северо-Чукотскому прогибу и Чукотскому поднятию, континентальный склон становится более пологим и широким. Соответственно, уменьшается мощность комплекса.

Особенности распределения мощностей миоцен-четвертичного комплекса позволяют сделать несколько выводов. Плащеобразный характер распределения комплекса за пределами континентального склона с близкими мощностями независимо от типа современных морфоструктур (положительных или отрицательных) свидетельствует о том, что котловины и поднятия – явление постседиментационное. Они образовались в основном после накопления осадков комплекса или на заключительных стадиях его формирования. Второй вывод следует из приуроченности мощных конусов выноса, формирующих проградационные осадочные призмы, к современному континентальному склону. Это означает, что континентальный склон начал формироваться только со среднего миоцена, и поэтому арктический океан образовался именно в это время, а не раньше. Следует заметить, что, судя по соотношению современных глубин океанических бассейнов СЛО и разнице относительных положений фондоформы и ундаформы, углубление океана продолжается. Третий вывод касается морфологической выраженности бассейна Подводников, седловины Толля и котловины Макарова. В изопахитах комплекса она оказывается сглаженной. К северу от проградационной линзы в зоне сочленения поднятия Де-Лонга и бассейна Подводников мощности комплекса одинаковы



как на седловине Толля, так и в котловине Макарова — 300—400 м, что указывает на роль новейшей тектоники в формировании этой части СЛО, комплекс накапливался в центростремительном погружающемся бассейне, а современные котловины, седловины и бассейны являются во многом следствием предшествовавшей геологической истории. Поскольку на предыдущем комплексе (олигоцен — средний миоцен) морфология структур выражена значительно лучше, погружение до океанических глубин в этой части Амеразийского бассейна началось лишь с середины миоцена.

Возраст и масштабы рифтогенеза. В последнее десятилетие в результате массового сейсмопрофилирования в Арктике выявлена система горстов и грабенов, которые обнаружены исключительно в акустическом фундаменте и нижних горизонтах осадочного чехла основных поднятий, Альфа-Менделеева, Чукотском бордерленде и хр. Ломоносова [17; 21]. Вышележащая толща осадочного чехла не нарушена блоковыми движениями и с явным несогласием сплошным чехлом перекрывает все структуры региона. Одинаковое субмеридиональное простирание горстов и грабенов, ограниченных разломами, позволяет предположить их образование вследствие единого процесса растяжения, который привел к раскрытию Амеразийского бассейна [14]. Утоненная кора поднятий и разделяющих их впадин – дополнительный аргумент в пользу растягивающих движений. Наличие системы грабенов и горстов считается очевидным доказательством процессов рифтогенеза [13]. Возраст несогласия в осадочном чехле - ключевой вопрос при определении времени раскрытия Амеразийского бассейна – и оценивается по косвенным признакам скорости седиментации либо ранним миоценом при высокой скорости (хр. Ломоносова), либо поздним мелом при низкой скорости. что в любом варианте не согласуется с модельными временами заложения глубоководных бассейнов. Справедливо отмечено, что выявленная система меридиональных дислокаций должна учитываться при любой модели раскрытия бассейна, однако на сегодняшний день ни одна из представленных тектонических концепций не соответствует в полной мере наблюдаемым структурам растяжения [13].

Определение времени существования горстов и грабенов для разных морфоструктур и оценку масштабов и возможной природы этой системы дислокаций проиллюстрируем палеотектоническими (рис. 4, 5) и сейсмофациальными (рис. 1, 2) профилями, пересекающими основные поднятия Амеразийского бассейна, и картой мощностей послеаптских (ОГ BU-pCU) меловых толщ (рис. 6).

Палеотектонический разрез вдоль субмеридионального профиля А7 показал повсеместное развитие складчатого позднекиммерийского фундамента в этой части хр. Ломоносова и на смежном шельфе (рис. 4). Об этом же свидетельствуют результаты драгирования на хр. Ломоносова, где среди поднятых крупномерных обломков доминируют терригенные породы [11]. идентичные породам верхоянского комплекса. Это не исключает развитие здесь элсмирских (франклинских) дислокаций, которые впоследствии были переработаны позднемезозойской пликативной тектоникой. После формирования позднекиммерийского складчатого фундамента происходят орогенез и блоковые движения с формированием вытянутой по простиранию складчатого пояса системы малоамплитудных грабенов и горстов. Апт-альбские толщи распространены повсеместно, значительно варьируя по мощности. На самом хр. Ломоносова их мощности не превышают 600-700 м. Наибольший объем комплекса зафиксирован в отдельных изометричных впадинах Восточно-Ломоносовского бассейна и его шельфовом прололжении – Новосибирском прогибе (до 3.0 и 2.0 км соответственно), что является следствием размыва гор хр. Ломоносова и накопления молассовых толщ в предгорном прогибе. По-видимому, в это же время заложились основные разломы и сформировалась блоковая структура хребта. В позднем мелу продолжается воздымание хребта, основной объем осадков перемещается в Восточно-Ломоносовский бассейн, постепенно уменьшаясь на шельфе в Новосибирском прогибе. В целом мощности верхнемелового комплекса значительно более выровненные. После предкайнозойской стабилизации хр. Ломоносова окончательно превращается в сушу, поставляя материал в Восточно-Ломоносовский бассейн и на шельф. Лишь в олигоцене хребет снова начинает погружаться и уже больше не выходит на поверхность.

Динамика блоковых движений xp. Ломоносова лучше видна на субширотном профиле (рис. 2), пересекающим хребет вкрест простирания. Отчетливо видно, как после позднекиммерийской складчатости возникает Ломоносовский ороген, ступенчато погружаясь в зарождающийся Восточно-Ломоносовский бассейн и резко обрываясь в котловину Амундсена. Поэтому разрушение орогена привело к накоплению более мощных апт-альбских молассовых толщ в Восточно-Ломоносовском бассейне – до 1,0 км и более. Последующая история хр. Ломоносова заключается в блоковом воздымании и разрушении раннемелового орогена и накоплении осадков как в смежных бассейнах, так и понижениях рельефа самого хребта, с заполнением вытянутых вдоль простирания узких межгорных впадин. После эоцена и особенно со среднего миоцена начинается окончательное погружение хр. Ломоносова на значительные глубины, выравнивание рельефа, выраженное в повсеместном распространении верхнего КССК, и лишь, предположительно, в квартере происходит новое блоковое воздымание хребта и формирование его современной морфоструктуры. Чередование погружений и поднятий приводит к сокращению ширины хребта за счет периодических и прогрессирующих опусканий его флангов как восточного в Восточно-Ломоносовский бассейн,



Рис. 4. Палеотектоническая реконструкция по сейсмическому профилю А7

1 – отражающие горизонты; 2 – индексы отражающих горизонтов; 3 – стратификация сейсмокомплексов; 4 – дизьюнктивные нарушения структурообразующие (*a*) и прочие (*б*); 5 – местоположение врезки эрозионного среза по опорному горизонту RU; 6 – индексы клиноформных комплексов; 7 – эрозионный срез; 8 – линии профилей (*a*) и линии профилей на врезках (*б*)



Рис. 5. Палеотектоническая реконструкция по сейсмическому профилю Arc2012_16 (глубина Н, км)

1 – отражающие горизонты; 2 – индексы отражающих горизонтов; 3 – стратификация сейсмокомплексов; 4 – дизьюнктивные нарушения структурообразующие (*a*) и прочие (*б*); 5 – местоположение врезки эрозионного среза по опорному горизонту RU; 6 – индексы клиноформных комплексов; 7 – эрозионный срез; 8 – линии профилей (*a*) и линии профилей на врезках (*б*)



так и западного в котловину Амундсена. Этот процесс прекрасно выражен на профиле AR1407, расположенном севернее предыдущего и ближе к приполюсной части хребта. Кроме центрального горста здесь вообще нет никаких грабенов, фланги горста практически открыты в сторону смежных бассейнов.

Последствия элсмирского (франклинского) орогенеза выразились в формировании горстовидных поднятий, Геофизиков и небольшого выступа фундамента на востоке бассейна Подводников, существовавших до готерив-баррема раннего мела (рис. 2). Вершинная поверхность горстов неровная, с крутыми ограниченными разломами бортами, на поднятии Геофизиков нарушена неглубоким грабеном. Горст бассейна Полволников начиная с мела никак себя не проявил, тогда как поднятие Геофизиков опускалось в апте – альбе и олигоцене и поднималось с верхнего мела до олигоцена. Значительно более рельефно и масштабно эпиэлсмирские движения иллюстрируются профилем, пересекающим поднятие Менделеева и Чукотское плато вкрест простирания (рис. 1). Оба поднятия осложнены грабенами и впадинами, заложившимися со средней юры на Чукотском плато и в бассейне Толля, а с готерив-баррема на поднятии Менделеева, сопровождаясь плато-базальтовым вулканизмом. Начиная с позднего мела вершинная поверхность обоих поднятий практически полностью перекрыта осадками, запечатывая грабены. Судя по распределению мощностей, поднятия отстают в погружении от соседних бассейнов, седловины Кучерова и бассейна Толля. Разломы, сформировавшие горсто-грабеновую структуру поднятий, развиваются унаследовано от момента рождения до олигоцена – среднего миоцена. Со среднего миоцена происходит общее опускание региона до современных, относительное выравнивание рельефа и затем новое воздымание, которое формирует современный морфоструктурный облик поднятий. Грабен, разделяющий Чукотское плато и хр. Нордуинд, является наиболее контрастной структурой Чукотского бордерленда. Он последовательно углубляется в мезозое, а после замедления процесса погружения в верхнем мелу – эоцене снова начинает активно погружаться в олигоцене. Окончательно он формируется после накопления верхнего КССК, вероятно, тогда же происходит морфологическое разделение Чукотского бордерленда на Чукотское плато и хр. Нордуинд.

Субмеридиональная система горстов и грабенов развита не только на поднятиях глубоководной части СЛО, но и на Лаптевоморском шельфе и континентальном склоне в зоне сопряжения Восточно-Ломоносовского бассейна и котловины Амундсена с шельфом. Многие исследователи рассматривают эти грабены в качестве рифтов, ответственных за процессы растяжения Лаптевоморского и Евразийского бассейнов [18]. Палеотектонические реконструкции этапов формирования Анисинского и Новосибирского прогибов показали, что они оба возникли на выступе позднекиммерийского орогена, разбитого в результате горообразования на межгорные впадины. Время существования впадин различно: ранний - поздний мел для Новосибирского и поздний мел для Анисинского прогибов (рис. 5). Морфология впадин хорошо видна на карте мошностей постаптских меловых толщ (рис. 6). Это изолированные мелкие впадины, аналогичные впадинам Восточно-Ломоносовского бассейна и котловины Амундсена. Ограничивающие их разломы явно постседиментационные. После предпалеогеновой стабилизации ареал осадконакопления расширяется, формируются два самостоятельных осадочных бассейна, открытых в Восточно-Ломоносовский бассейн и котловину Амундсена, соответственно. Уже с олигоцена оба бассейна объединяются в единый бассейн, а с середины миоцена никаких следов прогибов нет, на их месте возникает шельф и континентальный склон (рис. 3). В Лаптевоморском бассейне та же ситуация – серия изометричных седиментационных бассейнов, в которых эпицентры осадконакопления смещались от этапа к этапу, разбитые разломами на постседиментационные грабены, часто без смещения изопахит. Такие же грабены, но уже определенно синседиментационные, появляются на Восточно-Лаптевском поднятии только в кайнозое, т. е. когда происходит воздымание хр. Ломоносова и он превращается в сушу.

Анализ палеотектонических разрезов и карт мощностей показал, что горсто-грабеновая структура складчатого фундамента особенно характерна для современных поднятий и хребтов глубоководной части СЛО и значительно меньше проявлена в прогибах и котловинах [13], у которых фундамент, как правило, более ровный (рис. 1, 2). Простирания грабенов и горстов соответствуют простираниям складчатых поясов. масштабы грабенов очень скромные. Они больше напоминают межхребтовые долины, чем известные рифты. Время существования горсто-грабеновых структур различно. Для областей, испытавших позднекиммерийскую складчатость, оно в основном ограничено апт-альбом – верхним мелом, а областей с элсмирским фундаментом – от верхней перми до конца мела. Вышележащие кайнозойские осадочные толщи распространены практически повсеместно, сплошным чехлом перекрывая как положительные, так и отрицательные морфоструктуры. Утверждение о рифтогенезе как причине появления СЛО [21] вряд ли справедливо. Настоящий рифт фиксируется только на хр. Гаккеля в Евразийском бассейне. Сейсмические исследования показали, что между опусканием до океанических глубин (средний миоцен) и формированием горсто-грабеновой структуры наблюдается огромный разрыв во времени – не менее 50 млн лет для посткиммерийских (допалеогеновых) и 110-145 млн лет для постэлсмирских грабенов и горстов (доаптских). Грабены Лаптевоморского шельфа образовались в связи с процессами внедрения хр. Гаккеля

в Евразийском бассейне и блоковыми движениями на хр. Ломоносова. Они в основном наложены на уже сформированную палеоструктуру. Исключение — грабены Восточно-Лаптевского поднятия [4], формировавшиеся одновременно с их заполнением осадками.

Динамика формирования разломов, их простирание, возраст и время существования, вероятно, зависят от различных причин. На шельфе Северо-Востока России в области развития поздних киммерид доминируют субширотные разломы, которые, огибая каледонский складчатый выступ поднятия Де-Лонга, разворачиваются на северозапад на хр. Ломоносова (рис. 6). Разломы, ограничивающие горсты и грабены поднятий СЛО глубоководной части, наследуют эпиэлсмирские (франклинские до позднедевонско-каменноугольных) орогены, разделяя межгорные впадины и предгорные прогибы от соседних выступов основания. Судя по геологическим наблюдениям, на острове Врангеля [19] не исключено наложение позднекиммерийских складчатых комплексов на элсмирские (франклинские) и более древние. Большинство разломов Лаптевоморского бассейна образовалось вследствие образования хр. Гаккеля в Евразийском бассейне и, соответственно, имеют резонансную природу. Сейсмопрофилирование показало, что фундамент Лаптевоморского бассейна ровный, практически не затронут дислокациями, разломы в осадочной толще в основном без смещений [4]. Они явно моложе предаптского фундамента. Возраст этих разломов определяется временем внедрения хр. Гаккеля и включением спредингового механизма. Такая же причина образования системы грабенов и горстов на Восточно-Лаптевском поднятии. Однако заполнение грабенов кайнозойскими осадками здесь происходило одновременно с их формированием в результате разрушения консолидированных пород горстов и выступов фундамента. Наконец, значительная часть сквозных разломов образовалась в новейшее время и связана с формированием континентального склона и крупных морфоструктур (рис. 3). Простирание таких разломов комплементарно простиранию соответствующих форм рельефа, а масштабы определяются градиентностью движений. Разломы хр. Ломоносова полигенетичны и разновозрастны. Они являются следствием как верхоянской складчатости и орогенеза, так и более молодых движений, обусловивших формирование хр. Гаккеля и современных морфоструктур.

Заключение. Выполненная работа по сейсмостратиграфическому анализу осадочной толщи Северо-Востока Российской Арктики позволяет дать ответы на поставленные вопросы о времени главного погружения до океанических глубин, возрасте и масштабах рифтогенеза.

1. На основании сейсмофациального анализа сейсмических данных, формирование современного шельфа, континентального склона, глубоких котловин и абиссальных равнин в Евразийском и Амеразийском бассейнах началось одновременно в олигоцене и резко усилилось со среднего миоцена, с ОГ RU. Только с этого времени оба бассейна погрузились до современных глубин. Глубоководные осадки верхнего комплекса (RU-dno) плащеобразно перекрывают как поднятия Ломоносова, Менделеева и Чукотское, так и смежные котловины в соизмеримых мощностях. Значит, до формирования верхнего комплекса произошло общее выравнивание рельефа субстрата, что прекрасно видно по эрозионному характеру ОГ RU, и, соответственно, современные морфоструктуры имеют неотектоническую природу. Установлена разноэтапность погружения бассейнов, которая определила морфологию современных склонов – простую для Евразийского и сложную для Амеразийского бассейнов.

2. Палеотектонические реконструкции разрезов и анализ карт мощностей показали, что утверждение о рифтогенезе как причине появления СЛО вряд ли справедливо. Грабены и горсты приурочены исключительно к поднятиям, и их простирание определяется простиранием складчатых поясов и орогенов соответствующего возраста. Они возникли на орогенной стадии развития поднятий, разбитых в результате горообразования на межгорные и предгорные впадины и прогибы. Масштабы грабенов очень скромные и не коррелируются с известными рифтами. Исключением является спрединговый хр. Гаккеля с отчетливой рифтовой долиной (рис. 2, в). По сейсмическим данным, между опусканием до океанических глубин (средний миоцен) и формированием горсто-грабеновой структуры наблюдается огромный разрыв во времени – не менее 50 млн лет для посткиммерийских (допалеогеновых) и 110-145 млн лет для постэлсмирских грабенов и горстов (доапт-альбских). Грабены Лаптевоморского шельфа образовались в связи с процессами внедрения хр. Гаккеля в Евразийском бассейне и блоковыми движениями на хр. Ломоносова и в основном наложены на уже сформированную палеоструктуру. Динамика развития разломов определяется временем заложения и существования грабенов и горстов.

3. Сейсмофациальный и палеотектонический анализы продемонстрировали, что погружение до современных глубин в Евразийском и Амеразийском бассейнах СЛО произошло по какой-то общей причине, не связанной с постэлсмирским и позднекиммерийским грабенообразованием (рифтогенезом?) и формированием трапповых полей. В Евразийском бассейне масштабное погружение, вероятно, обусловлено миоценовым рифтогенезом, в результате которого сформировался спрединговый хр. Гаккеля.

^{1.} Арктический бассейн (геология и морфология) / под ред. В. Д. Каминского. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2017. – 291 с.

2. Грамберг И. С. Сравнительная геология и минерагения океанов и континентальных окраин с позиций стадийного развития океанов // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология / гл. ред. Д. А. Додин, В. С. Сурков. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. – С. 17–34.

3. Дараган-Сущов Ю. И., Дараган-Сущова Л. А., Поселов В. А. К вопросу о стратиграфии осадочного чехла Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. – Вып. 4. – С. 103–113.

4. Дараган-Сущова Л. А. Новый взгляд на геологическое строение осадочного чехла моря Лаптевых / Л. А. Дараган-Сущова, О. В. Петров, Ю. И. Дараган-Сущов, Д. Д. Рукавишникова // Региональная геология и металлогения. – 2010. – № 41. – С. 5–16.

5. Дараган-Сущова Л. А. К обоснованию стратиграфической привязки опорных сейсмических горизонтов на Восточно-Арктическом шельфе и в области Центрально-Арктических поднятий / Л. А. Дараган-Сущова, Н. Н. Соболев, Е. О. Петров, Л. Р. Гринько, Н. А. Петровская, Ю. И. Дараган-Сущов // Региональная геология и металлогения. – 2014. – № 58. – С. 5–21.

6. Дараган-Сущова Л. А. Геология и тектоника северовостока Российской Арктики (по сейсмическим данным) / Л. А. Дараган-Сущова, О. В. Петров, Н. Н. Соболев, Ю. И. Дараган-Сущов, Л. Р. Гринько, Н. А. Петровская // Геотектоника. – 2015. – № 6. – С. 3–19.

7. Дараган-Сущова Л. А. Геология и история формирования котловины Подводников Северного Ледовитого океана по сейсмическим данным / Л. А. Дараган-Сущова, О. В. Петров, Н. Н. Соболев, Ю. И. Дараган-Сущов, И. В. Попова // Региональная геология и металлогения. – 2017. – № 71. – С. 5–18.

8. Дараган-Сущова Л. А., Читайло Д. М., Зимовский А. В. Скоростной анализ осадочных бассейнов Северного Ледовитого океана // Региональная геология и металлогения. – 2017. – № 71. – С. 67–74.

9. Зинченко А. Г. Два типа континентальных склонов в Северном Ледовитом океане (в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа) // 70 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане / под ред. В. Д. Каминского, Г. П. Аветисова, В. Л. Иванова. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2018. – С. 31–39.

10. Мейен С. В. От общей к теоретической стратиграфии // Советская геология. – 1981. – № 9. – С. 58–69.

11. Морозов А. Ф. Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области Центрально-Арктических поднятий / А. Ф. Морозов, О. В. Петров, С. П. Шокальский, С. Н. Кашубин, А. А. Кременецкий, М. Ю. Шкатов, В. Д. Каминский, Е. А. Гусев, Г. Э. Грикуров, П. В. Рекант, С. С. Шевченко, С. А. Сергеев, В. В. Шатов // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 53. – С. 34–55.

12. Сейсмическая стратиграфия. В 2-х томах / под ред. Ч. Пейтона. – М.: Мир, 1982. – 846 с.

13. Arrigoni V. Origin and Evolution of the Chukchi Borderland: Master's Thesis. – Texas A&M University, 2009. – 74 p.

14. Brumley K. Geologic history of the Chukchi Borderland, Arctic Ocean: Ph. D. Thesis. – Stanford University, 2014. – 254 p.

15. Bruvoll V., Kristoffersen Y., Coakley B. J., Hopper J. R., Planke S., Kandilarov A. The nature of the acoustic basement on Mendeleev and northwestern Alpha ridges, Arctic Ocean // Tectonophysics. – 2012. – Vol. 514. – Pp. 123–145.

16. Daragan-Sushchova L., Grin'ko L., Petrovskaya N. and Daragan-Sushchov Yu. On the problem of stratigraphic assignment of the key seismic horizons on the East-Arctic Shelf and in the area of Central Arctic uplifts // American Journal of Geosciences. -2015. - Vol. 5, N. 1. - Pp. 1–11.

17. Dove D., Coakley B., Hopper J., Kristoffersen Y. and HLY0503 Geophysics Team. Bathymetry, controlled source

seismic and gravity observations of the Mendeleev ridge; implications for ridge structure, origin, and regional tectonics // Geophysical Journal International. – 2010. – Vol. 183 (2). – Pp. 481–502.

18. Drachev S. S., Savostin L. A., Groshev V. G. and Bruni I. E. Structure and geology of the continental shelf of the Laptev Sea, Eastern Russian Arctic // Tectonophysics. – 1998. – Vol. 298. – Pp. 357–393.

19. Kos'ko M. K., Cecile M. P., Harrison J. C., Ganelin V. G., Khandoshko N. V. and Lopatin B. G. Geology of Wrangel Island, between Chukchi and East Siberian Seas, Northeastern Russia // Geological Survey of Canada Bulletin. – 1993. – Vol. 461. – 102 p.

20. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean / Ed. by K. Moran, J. Backman, H. Brinkhuis, S. C. Clemens, T. Cronin, G. R. Dickens, F. Eynaud, J. Gattacceca, M. Jakobsson, R. W. Jordan, M. Kaminski, J. King, N. Koc, A. Krylov, N. Martinez, J. Matthiessen, D. McInroy, T. C. Moore, J. Onodera, M. O'Regan, H. Pälike, B. Rea, D. Rio, T. Sakamoto, D. C. Smith, R. Stein, K. St. John, I. Suto, N. Suzuki, K. Takahashi, M. Watanabe, M. Yamamoto, J. Farrell, M. Frank, P. Kubik, W. Jokat, Y. Kristoffersen // Nature. – 2006. – Vol. 441 (7093). – Pp. 601–605.

21. Nikishin A. M., Petrov E. I., Malyshev N. A., Ershova V. P. Rift systems of the Russian Eastern Arctic shelf and Arctic deep water basins: link between geological history and geodynamics // Geodynamics & Tectonophysics. – 2017. – Vol. 8 (1). – Pp. 11–43.

1. Arkticheskiy basseyn (geologiya i morfologiya) [Arctic Basin (geology and morphology)]. Ed. Kaminskiy V. D. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 2017. 291 p.

2. Gramberg I. S. Comparative geology and mineralogeny of the oceans and continental margins from the position of the staged development of the oceans. *Russian Arctic: geological history, mineralogy, geoecology.* Chief editors D. A. Dodin, V. S. Surkov. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 2002. Pp. 17–34. (In Russian).

3. Daragan-Sushchov Yu. I., Daragan-Sushchova L. A., Poselov V. A. On the stratigraphy of the sedimentary cover of the Eurasian Basin of the Arctic Ocean. *Geological and geophysical characteristics of the lithosphere of the Arctic Region*. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 2002. Iss. 4, pp. 103–113. (In Russian).

4. Daragan-Sushchova L. A., Petrov O. V., Daragan-Sushchov Yu. I., Rukavishnikova D. D. A new look at the geological structure of the sedimentary cover of the Laptev Sea. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2010. No. 41, pp. 5–16. (In Russian).

5. Daragan-Sushchova L. A., Sobolev N. N., Petrov E. O., Grin'ko L. R., Petrovskaya N. A., Daragan-Sushchov Yu. I. To the justification of the stratigraphic reference of reference seismic horizons on the East Arctic shelf and in the Central Arctic uplifts. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2014. No. 58, pp. 5–21. (In Russian).

6. Daragan-Sushchova L. A., Petrov O. V., Sobolev N. N., Daragan-Sushchov Yu. I., Grin'ko L. R., Petrovskaya N. A. Geology and tectonics of the north-east of the Russian Arctic (according to seismic data). *Geotektonika*. 2015. No. 6, pp. 3–19. (In Russian).

7. Daragan-Sushchova L. A., Petrov O. V., Sobolev N. N., Daragan-Sushchov Yu. I., Popova I. V. Geology and the history of the formation of the basin of the Arctic Ocean Submariners according to seismic data. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2017. No. 71, pp. 5–18. (In Russian).

8. Daragan-Sushchova L. A., Chitaylo D. M., Zimovskiy A. V. Velocity analysis of sedimentary basins of the Arctic Ocean. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2017. No. 71, pp. 67–74. (In Russian).

9. Zinchenko A. G. Two types of continental slopes in the Arctic Ocean (in connection with the problem of the outer boundary of the continental shelf). *70 years in the Arctic*,

Antarctic and World Ocean. Ed. by V. D. Kaminskiy, G. P. Avetisov, V. L. Ivanov. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya. 2018. Pp. 31–39. (In Russian).

 Meyen S. V. From general to theoretical stratigraphy. Sovetskaya geologiya. 1981. No. 9, pp. 58–69. (In Russian).
Morozov A. F., Petrov O. V., Shokal'skiy S. P., Kashu-

11. Morozov A. F., Petrov O. V., Shokal'skiy S. P., Kashubin S. N., Kremenetskiy A. A., Shkatov M. Yu., Kaminskiy V. D., Gusev E. A., Grikurov G. E., Rekant P. V., Shevchenko S. S., Sergeev S. A., Shatov V. V. New geological data substantiating the continental nature of the region of Central Arctic uplifts. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2013. No. 53, pp. 34–55. (In Russian).

12. Seysmicheskaya stratigrafiya [Seismic stratigraphy]. V 2-kh tomakh. Ed. by Ch. Peyton. Moscow: Mir. 1982. 846 p.

13. Arrigoni, V. 2009: Origin and Evolution of the Chukchi Borderland. Master's Thesis. Texas A&M University. 74.

14. Brumley, K. 2014: Geologic Nature of the Chukchi Borderland, Arctic Ocean. Ph. D. Thesis. Stanford University. 254.

15. Bruvoll, V., Kristoffersen, Y., Coakley, B. J., Hopper, J. R., Planke, S., Kandilarov, A. 2012: The nature of the acoustic basement on Mendeleev and northwestern Alpha ridges, Arctic Ocean. *Tectonophysics*. 514. 123–145.

16. Daragan-Sushchova, L., Grin'ko, L., Petrovskaya, N. and Daragan-Sushchov, Yu. 2015: On the problem of stratigraphic assignment of the key seismic horizons on the East-Arctic Shelf and in the area of Central Arctic uplifts. *American Journal of Geosciences.* 5. 1. 1–11. 17. Dove, D., Coakley, B., Hopper, J., Kristoffersen, Y. and HLY0503 Geophysics Team. 2010: Bathymetry, controlled source seismic and gravity observations of the Mendeleev ridge; implications for ridge structure, origin, and regional tectonics. *Geophysical Journal International*. 183 (2). 481–502.

18. Drachev, S. S., Savostin, L. A., Groshev, V. G. and Bruni, I. E. 1998: Structure and geology of the continental shelf of the Laptev Sea, Eastern Russian Arctic. *Tectonophysics*. 298. 357–393.

19. Kos'ko, M. K., Cecile, M. P., Harrison, J. C., Ganelin, V. G., Khandoshko, N. V. and Lopatin B. G. 1993: Geology of Wrangel Island, between Chukchi and East Siberian Seas, Northeastern Russia. *Geological Survey of Canada Bulletin*. 461. 102.

20. Moran, K., Backman, J., Brinkhuis, H., Clemens, S. C., Cronin, T., Dickens, G. R., Eynaud, F., Gattacceca, J., Jakobsson, M., Jordan, R. W., Kaminski, M., King, J., Koc, N., Krylov, A., Martinez, N., Matthiessen, J., McInroy, D., Moore, T. C., Onodera, J., O'Regan, M., Pälike, H., Rea, B., Rio, D., Sakamoto, T., Smith, D. C., Stein R., St. John, K., Suto, I., Suzuki, N., Takahashi, K., Watanabe, M., Yamamoto, M., Farrell, J., Frank, M., Kubik, P., Jokat, W., Kristoffersen, Y. 2006: The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean. *Nature*. 441 (7093). 601–605.

21. Nikishin, A. M., Petrov, E. I., Malyshev, N. A., Ershova, V. P. 2017: Rift systems of the Russian Eastern Arctic shelf and Arctic deep water basins: link between geological history and geodynamics. *Geodynamics & Tectonophysics*. 8 (1). 11–43.

Дараган-Сущова Лидия Анатольевна — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <LDaragan@vsegei.ru> Зинченко Валерий Николаевич — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <valery_zinchenko@vsegei.ru>

Дараган-Сущов Юрий Иосифович — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. акад. И. С. Грамберга (ВНИИОкеангеология). Английский пр., 1, Санкт-Петербург, 190121, Россия. <ydarag@vniio.nw.ru>

Савельев Иван Николаевич – инженер, ВСЕГЕИ¹. <Ivan_Savelyev@vsegei.ru>

Daragan-Sushchova Lidia Anatol'evna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Lead Researcher, VSEGEI¹. <LDaragan@vsegei.ru>

Zinchenko Valeriy Nikolaevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Lead Researcher, VSEGEI¹. <valery_zinchenko@vsegei.ru>

Daragan-Sushchov Yuriy Iosifovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Lead Researcher, The All-Russia Scientific Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean named after academician I. S. Gramberg (VNIIOkeangeologia). 1 Angliskiy pr., St. Petersburg, 190121, Russia. <ydarag@vniio.nw.ru>

Savel'ev Ivan Nikolaevich - Engineer, VSEGEI1. <Ivan_Savelyev@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.

М. А. НАУМЧЕВА (ПИН РАН), В. К. ГОЛУБЕВ (ПИН РАН; КФУ, Казань)

Комплексы остракод пограничных отложений перми и триаса Московской синеклизы

В результате изучения стратиграфически наиболее полных разрезов пограничных отложений перми и триаса, расположенных на юге и в центре Московской синеклизы, выделены пять комплексов остракод. Комплекс I присутствует в нижней части остракодовой зоны Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica, отвечающей нижней части нефёдовского горизонта вятского яруса. Комплекс II отличается высоким таксономическим разнообразием и соответствует интервалу верхней части зоны Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica и нижней – Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – S. posttypica. Его принадлежность к нефёдовскому или жуковскому горизонту осталась неясной. Комплекс III выделяется по обновлению таксономического состава ассоциации и относится к верхней части зоны Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – S. posttypica и жуковскому горизонту. Комплекс IV отмечен по значительному изменению таксономического состава и преобладанию представителей родов Darwinula и Gerdalia. Он приурочен к нижней части зоны Darwinula mera – Gerdalia variabilis, низам вохминского горизонта. Комплекс V характеризуется сокращением обилия Gerdalia variabilis и вохминского горизонта.

Ключевые слова: неморские остракоды, комплексы, граница перми и триаса, Московская синеклиза.

M. A. NAUMCHEVA (PIN RAS), V. K. GOLUBEV (PIN RAS; KFU, Kazan)

Ostracod assemblages from the Permian-Triassic boundary interval of the Moscow Syneclise

Five ostracod assemblages were identified while studying the stratigraphically most complete Permian-Triassic Boundary located in the southern and central Moscow Syneclise. Assemblage I is identified in the lower part of the ostracod Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica assemblage zone (AZ), which corresponds to the lower part of the Nefyodovian Regional Stage, of the Vyatkian. Assemblage II is characterized by high taxonomic diversity and corresponds to the upper part of the Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica AZ and the lower part of the Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – S. posttypica AZ. Its affinity with the Nefyodovian or Zhukovian regional stages remained unclear. Assemblage III is determined from the renewal of the taxonomic composition of associations and belongs to the upper part of the Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – S. posttypica AZ and the Zhukovian Regional Stage. Assemblage IV is identified from significant change in the taxonomic composition and the predominance of *Darwinula* and *Gerdalia* representatives in the associations. It is confined to the lower part of the Darwinula mera – Gerdalia AZ and the lower part of the Vokhmian Regional Stage. Assemblage V is characterized by a reduction in the abundance of *Gerdalia* and an increase in the diversity of *Darwinula*. It corresponds to the upper part of the Darwinula mera – Gerdalia AZ and the upper part of the Vokhmian Regional Stage.

Keywords: nonmarine ostracods, assemblages, Permian-Triassic boundary, Moscow Syneclise.

Для цитирования: М. А. Наумчева, В. К. Голубев. Комплексы остракод пограничных отложений перми и триаса Московской синеклизы // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 21–29.

Введение. В последние два десятилетия на территории Восточно-Европейской платформы были обнаружены стратиграфически непрерывные разрезы пограничных отложений перми и триаса [3; 4; 13; 14; 20]. С одной стороны, эти открытия опровергли господствовавшие ранее представления о присутствии крупного стратиграфического перерыва на границе перми и триаса [5], а с другой — продемонстрировали возможность реконструкции детальной истории развития Восточно-Европейской геосистемы и ее биоты в период пермо-триасового глобального экологического кризиса. Для подобной реконструкции необходимо детальное изучение разрезов пограничных отложений перми и триаса всеми возможными методами, включая палеонтологический. В статье приведены результаты анализа распространения остракод в верхнепермских и нижнетриасовых отложениях юга и центра Московской синеклизы. Для исследования были выбраны хорошо изученные разрезы, в которых обнажается протяженный интервал пограничных отложений и содержится



Рис. 1. Местоположение изученных разрезов 1 – Жуков овраг; 2 – Слукино – Старое Слукино; 3 – Окский съезд; 4 – Аристово-Кузино

достаточное для анализа число уровней с остракодами: Аристово — Кузино (разрезы 154, 42А, 42В, 42F) — Вологодская обл.; Жуков овраг (разрезы 1023, 1013, 1151, 1029) и Слукино — Старое Слукино (разрезы 1540, 1541, 1639, 1729) — Владимирская обл.; Окский съезд (разрезы 1135J-L, 1105, 1104, 1135А) — Нижегородская обл. (рис. 1).

Разрез Аристово — Кузино находится на правом берегу р. Малая Северная Двина, наподалеку от г. Великий Устюг, между деревнями Аристово и Кузино. Он является составной частью гипостратотипа вятского яруса и типовым разрезом комплексной остракодовой зоны Wjatkellina fragiloides — Suchonella typica [10]. Остракоды из этого разреза неоднократно изучались И. И. Молостовской [12; 17; 19; 21].

Разрез Жуков овраг расположен на правом берегу р. Клязьмы в 2,5 км выше по течению от г. Гороховца между деревнями Княжичи и Слукино и представляет собой опорный стратиграфический разрез для центральных районов Московской синеклизы [4; 9; 16]. Остракоды Жукова оврага ранее изучались Е. М. Мишиной, И. И. Молостовской, Д. А. Кухтиновым и Е. А. Воронковой [2; 4; 6–8; 11; 16]. По данным Е. М. Мишиной, в Жуковом овраге выделены уржумский и северодвинский горизонты (ныне ярусы), на которых с несогласием залегает

нижний триас [16]. Исследование, проведенное Молостовской, продемонстрировало выделение в разрезе двух пачек [11]. В нижней глинистой пачке ею был обнаружен комплекс остракод. относящийся к комплексной зоне Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica верхнего подъяруса вятского яруса [10]. В верхней песчаной пачке содержатся остракоды, типичные для зоны Darwinula mera – Gerdalia variabilis, которая отвечает индскому ярусу триасовой системы [18]. Позднее Кухтинов, в том числе и на материалах из глинистой пачки Жукова оврага, выделил новую остракодовую зону для терминальных отложений перми Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – S. posttypica [7], которая заняла место в региональной стратиграфической шкале выше зоны Wjatkellina fragiloides -Suchonella typica.

Составной разрез Слукино – Старое Слукино располагается в оврагах, соседних с Жуковым. Материалы из этого разреза уточняют и дополняют последний. Остракоды из разреза Слукино ранее изучались Д. А. Кухтиновым [8] и авторами статьи [22], а из разреза Старое Слукино только авторами статьи [22].

Материалы для данного исследования собирались в течение нескольких полевых сезонов с 2011 по 2017 г. В разрезе Аристово – Кузино



Рис. 2. Распределение остракод в пограничном интервале поздней перми – раннего триаса по оригинальным данным Сокращения: S. perelubica – S. r.– S. p. – комплексная остракодовая зона Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – Suchonella posttypica

было изучено 11 уровней с остракодами, в разрезе Окский съезд – 6, Жуков овраг – 23, а в составном разрезе Слукино – Старое Слукино – 36. Полученная коллекция остракод состоит более чем из 10 000 экземпляров. Анализ распределения таксонов в разрезах позволил выделить пять комплексов: три в верхневятских отложениях (нефёдовский и жуковский горизонты) и два в вохминском горизонте нижнего триаса (рис. 2).

Комплекс І. Первый и самый древний комплекс представлен видами остракод: Suchonella mishinae Molostovskaya, 2001, S. typica Spizharsky, 1939, Placidea lutkevichi (Spizharsky, 1939), Suchonellina inornata Spizharsky, 1937, S. mera (Mishina, 1966), Wjatkellina verbitskajae (Neustrueva, 1986), W. fragiloides (Zekina in Zekina et Kukhtinov, 1972), Sinusuella vjatkensis Schneider, 1948, Volganella angulata Mishina, 1973 (рис. 2).

Выделяется по сочетанию видов Suchonella typica, S. mishinae, Wjatkellina fragiloides и Placidea lutkevichi. Виды Suchonellina mera, Wjatkellina fragiloides, Suchonella mishinae и Volganella angulata отмечаются здесь впервые. Все остальные известны и в более древних отложениях [21]. Из всех них только Suchonella typica и Placidea lutkevichi не проходят выше.

Состоит преимущественно из представителей трех родов — *Suchonellina*, *Suchonella* и *Placidea*. К первым двум относятся по два вида, к последнему — один. Эти роды доминантные в комплексе и занимают в нем примерно равные доли. Остальные роды (*Sinusuella*, *Volganella* и *Wjatkellina*)

представлены малым числом как видов, так и экземпляров.

Комплекс I выделяется только в нижней части разреза Аристово – Кузино (сл. 1–10 разреза 154) (рис. 3). Слои с комплексом I отвечают нижней части комплексной остракодовой зоны Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica, что соответствует нижним частям верхневятского подъяруса и нефёдовского горизонта.

Комплекс II выявлен во всех изученных разрезах. Наиболее полно он представлен в разрезах Жуков овраг и Слукино – Старое Слукино.

Обобщенный состав комплекса: Darwinula acmayica Schleifer, 1966, D. obesa Schleifer, 1966, D. obruchevi Schneider, 1960, D. oryzalis Naumcheva, 2018, D. sp. 1, Darwinuloides svijazhicus (Schneider, 1948), Gerdalia ampla Mishina, 1969, G. longa Belousova, 1961, G. variabilis Mishina, 1966, Permianella tuberculata (Kashevarova, 1958), Placidea sp. 1, Sinusuella viatkensis, Suchonella aff. auriculata (Schneider, 1948), S. aff. mutabilis Neustrueva, 1986, S. aff. stabilis Neustrueva, 1986, S. aff. typica Spizharsky, 1939, S. circula Starozhilova, 1968, S. circulata Mishina, 1980, S. clivosa Mishina, 1980, S. flexuosa Starozhilova, 1968, S. mishinae, Suchonellina aff. digitalis Mishina, 1961, S. compacta (Starozhilova, 1968), S. innae Mishina, 1985, S. inornata, S. mera, Tatariella citata Mishina, 1967, T. subtilis Mishina, 1967, Unzhiella aff. praelustris Mishina, 1973, U. cf. anusitata Mishina, 1973, U. cilmensis (Kashevarova, 1961), U. gemella Mishina, 1973, U. sp. 1, Volganella angulata, V. concava Mishina, 1973, V. extensis Voronkova, 2014, V. golubevi Voronkova, 2014,



V. recta Mishina, 1973, V. sp. 1, V. truncata Mishina, 1973, V. vjaznikovensis Voronkova, 2014, Wjatkellina verbitskajae, W. fragiloides, W. gerdae (Schneider, 1948), W. ignatjevi (Zekina et Janovskaya, 1971), W. fragilina (Belousova, 1961) (рис. 2).

Выделяется по появлению многочисленных новых видов родов Suchonella, Volganella, Unzhiella, нескольких новых видов в родах Suchonellina, Wjatkellina, Tatariella, Gerdalia и Darwinula. Представители родов Tatariella и Gerdalia не были встречены непосредственно в оригинальных коллекциях с комплексом I, однако известно, что остракоды этих родов обитали на территории Московской синеклизы уже в ранневятское время [21].

В разрезе Аристово — Кузино нижняя граница слоев с комплексом II проводится по появлению Suchonella circula, S. circulata, S. aff. auriculata, Darwinula oryzalis и Volganella concava. Все виды комплекса I, кроме S. typica и Placidea lutkevichi, входят в состав комплекса II. Виды Wjatkellina fragiloides и Suchonella mishinae не встречены больше ни в одном из изученных разрезов. В разрезах Слукино — Старое Слукино и Жуков овраг основание слоев с комплексом II характеризуется большим числом разнообразных видов.

Наиболее типичными представителями этого комплекса можно считать Suchonella clivosa, S. circulata, S. circula и Suchonellina compacta. Также для него характерно большое видовое разнообразие среди Volganella и Unzhiella на отдельных уровнях. Всего в комплексе насчитывается 46 видов. Для 36 из них фиксируется первое появление, а для 20 — последнее. Только для данного комплекса характерны 17 видов, которые не обнаружены ни в более древнем, ни в более молодых комплексах. Из комплекса I унаследованы 7 видов, а 26 — проходят выше.

Наибольший вклад в видовое разнообразие комплекса вносят роды *Volganella* (8 видов), *Suchonella* (9), *Suchonellina* (5) и *Wjatkellina* (5), а на отдельных уровнях также *Unzhiella* (5) и *Darwinula* (5). Наибольшую долю в составе ассоциаций по количеству экземпляров занимают, как правило, роды *Volganella* (до 77 % от общего числа экземпляров в ассоциации), *Suchonella* (до 77 %), *Suchonellina* (до 55 %), в редких случаях *Darwinuloides* (до 30 %). Род *Unzhiella* обнаружен только на одном уровне (Слукино – Старое Слукино, сл. 18 разреза 1540). Он представлен тремя видами при малом числе экземпляров.

В нижней части слоев с комплексом II в разрезах Слукино – Старое Слукино и Жуков овраг род Volganella выражен преимущественно видом V. truncata. Выше отмечается вид V. concava, который становится постоянным членом ассоциаций. Остальные виды Volganella появляются на отдельных уровнях, как правило, в небольшом количестве. Интересно отметить, что в обоих разрезах в слое известняка обнаружен уровень, где Volganella представлена только одним видом V. concava (Жуков овраг, сл. 2 разреза 1540).

Видовое разнообразие рода Suchonella меняется не сильно, наблюдается только небольшое его увеличение до 5 видов в верхней части слоев с комплексом II. При этом доля этого рода в ассоциациях от общего числа экземпляров заметно возрастает примерно со средней части слоев с комплексом II в среднем до 55 % от общего числа экземпляров в ассоциациях. Доминантные виды среди Suchonella – S. circula и S. clivosa, причем их соотношение постоянно варьирует. Вид *S. circula* впервые появляется в комплексе в качестве одного из главных его элементов. Доля S. clivosa в ассоциациях меняется. Она достигает максимума (30 %) в сл. 27 разреза 1540 (Слукино – Старое Слукино), после чего постепенно сокращается до 4 %. В Аристово – Кузино, по-видимому, обнажается нижняя часть слоев с комплексом II, так как первые S. clivosa здесь отмечаются только в верхах разреза. Вид S. mishinae широко распространен в разрезе Аристово – Кузино как в первом, так и во втором комплексах. Однако он не был встречен в других изученных разрезах. Все остальные виды этого рода занимают подчиненное положение.

Род Suchonellina в среднем уступает Suchonella как по обилию, так и разнообразию. Вид S. compacta доминирует. В меньшем количестве, но постоянно в комплексе встречается S. mera. В ассоциациях из разреза Аристово – Кузино вид S. compacta отсутствует. Отметим, что в этом разрезе есть интервал без Suchonellina (сл. 6 разреза 42В). Род Wjatkellina также разнообразен, но значительно менее обилен, чем Suchonellina. Во всех разрезах он представлен преимущественно W. verbitskajae. Все остальные роды (Darwinuloides, Tatariella, Darwinula и Gerdalia) встречаются на отдельных уровнях в виде редких экземпляров. Помимо указанных разрезов, комплекс II выявлен также в разрезе Окский съезд (рис. 3).

Стратиграфическое положение слоев с комплексом II не ясно. Молостовская относит эти отложения в разрезах Аристово - Кузино и Жуков овраг к комплексной зоне Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica [11; 17; 19; 21], то есть к нефёдовскому горизонту. Кухтинов в этих же разрезах объединял их в комплексную зону Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – Suchonella posttypica [1; 7], которая характеризует терминальные довохминские слои, выделяемые в вязниковский горизонт [7], в слои с вязниковской биотой [1] или в жуковский горизонт [13]. Следуя за Кухтиновым, эти образования в разрезах Жуков овраг, Слукино – Старое Слукино и Окский съезд мы также ранее относили к нижней части жуковского горизонта [15; 22]. Слои с комплексом II попадают в интервал перекрытия двух смежных остракодовых зон. И его принадлежность к нефёдовскому или жуковскому горизонту пока остается под вопросом.

Комплекс III. Обобщенный таксономический состав: *Clinocypris triassica* (Schneider, 1947), *Darwinula acmayica*, *D. obesa*, *D. oryzalis*, Gerdalia ampla, G. dactyla Belousova, 1961, G. longa, G. variabilis, Sinusuella vjatkensis, Suchonella circula, S. circulata, S. clivosa, S. flexuosa, S. rykovi Starozhilova, 1968, S. sp. 1, Suchonellina compacta, S. dispinosa (Mishina, 1969), S. innae, S. mera, S. postinornata (Lipatova et Starozhilova, 1968), S. pseudoinornata (Belousova, 1961), S. pseudoobliqua (Belousova, 1961), Tatariella subtilis, Unzhiella aff. praelustris, U. cilmensis, U. gemella, U. sp. 1, Volganella angulata, V. concava, V. golubevi, V. sp. 1, V. truncata, V. vjaznikovensis, Wjatkellina verbitskajae (рис. 2).

Комплекс III отличается от комплекса II несколькими признаками. Во-первых, в нем появляется несколько новых видов: Suchonella rykovi, Suchonellina pseudoobliqua и S. pseudoinornata. Первые два из них начинают преобладать в ассоциациях, вытесняя прежних доминантов Suchonella circula, S. clivosa и Suchonellina compacta. Во-вторых, род Suchonellina преобладает над родом Suchonella по таксономическому разнообразию (7 и 6 видов соответственно) и обилию (в среднем 46 и 34 % от общего числа экземпляров соответственно). В-третьих, большую долю в ассоциациях начали занимать представители родов Darwinula и Gerdalia (до 45 и 17 % соответственно).

Нижняя граница слоев с комплексом III в разрезах проводится по первому появлению вида *S. pseudoobliqua*. Второй ключевой вид – *Suchonella rykovi*, но он отмечается несколько выше. Прежние доминанты исчезают из разреза постепенно, но их обилие в ассоциациях сокращается резко.

В разрезе Жуков овраг в терминальной части слоев с комплексом III (сл. 22 разреза 1027А) присутствует ассоциация остракод, которая значительно отличается от всех других ассоциаций комплекса. Подавляющее большинство экземпляров в этой ассоциации относится к родам Volganella и Unzhiella, которые здесь отличаются высоким таксономическим разнообразием. насчитывая по 4 и 6 видов соответственно. Род Suchonella представлен новым видом, который можно обозначить как S. sp. 1. Среди Suchonellina также впервые появляются два вида: S. dispinosa и S. postinornata. Впервые в этом разрезе отмечается присутствие вида Sinusuella vjatkensis, который более характерен для северных районов Московской синеклизы [21]. Суммарно на этом уровне появляется 5 новых видов и один род *Clinocypris*. В остальных изученных разрезах подобные ассоциации остракод не обнаружены, поэтому остается неясным, отражает ли она особый этап развития фауны остракод или только пространственную дифференциацию комплекса. В статье эта ассоциация условно отнесена к комплексу III.

Комплекс III включает 34 вида, 6 из которых характерны только для него, 26 видов наследуются из предыдущих комплексов, а 12 проходят выше. Для 8 видов здесь зафиксировано первое появление, а для 21 — последнее.

Комплекс III обнаружен только в разрезах Слукино – Старое Слукино и Жуков овраг (рис. 3). Слои с комплексом III соответствуют верхней части комплексной остракодовой зоны Suchonellina perelubica — Suchonella rykovi — S. posttypica и жуковскому горизонту.

Комплекс IV. Образуют: Darwinula accuminata Belousova, 1961, D. aceris Mishina, 1969, D. acmayica, D. gravis Mishina, 1969, D. obesa, Gerdalia adducta (Lubimova, 1955), G. ampla, G. longa, G. secunda Starozhilova, 1968, G. analoga Starozhilova, 1968, G. singulara sp. nov., G. variabilis, Suchonellina pseudoobliqua, S. compacta, S. innae, S. obtusa (Neustrueva, 1986), S. regia, Unzhiella cilmensis, U. gemella, Wjatkellina verbitskajae (рис. 2). Возможно, в состав комплекса также должен входить Clinocypris triassica, который не встречен ни в одной ассоциации комплекса, но известен в более древнем III и более молодом V комплексах.

Комплекс выделяется по значительному таксономическому обновлению фауны остракод. Доминантами в нем как по таксономическому разнообразию, так и обилию становятся роды *Darwinula* (5 видов и до 12 % от общего экземпляров) и *Gerdalia* (6 видов и до 82 %). Наряду с ними в качестве редких элементов встречаются представители родов *Suchonella*, *Unzhiella* и *Wjatkellina*. По-прежнему достаточно многочисленными остаются *Suchonellina* (5 видов и до 15 %).

Суммарно в комплексе начитывается 21 вид, для 9 из которых здесь зафиксировано первое появление, а для 8 – последнее. Из более древних комплексов наследуются 12 видов, а 13 – проходят выше. К ним относятся: Darwinula acmayica, D. obesa, Gerdalia ampla, G. longa, G. variabilis, Suchonellina innae, S. pseudoobliqua, S. compacta, Unzhiella cilmensis, U. gemella u Wjatkellina verbitskajae. В следующий комплекс проходят 12 видов, а для 8 других здесь фиксируется последнее появление, из них 3 вида были встречены только в данном комплексе.

Сушественную часть таксономического разнообразия в комплексе IV составляют виды, известные в более древних комплексах. Однако среди них виды родов Wjatkellina, Unzhiella некоторые Suchonellina (S. pseudoobliqua И и S. compacta) известны только по единичным экземплярам и только в ассоциациях из самой нижней части слоев с комплексом IV. С другой стороны, среди унаследованных таксонов есть несколько видов Darwinula и Gerdalia, которые устойчиво существовали продолжительное время. В комплексе IV по обилию в ассоциациях, как правило, преобладали Gerdalia. Самый распространенный среди них вид – G. longa. Остальные виды встречались в небольшом количестве на разных уровнях. Среди Darwinula самыми массовыми оказались два вида: *D. aceris* и *D. acmayica*, а среди Suchonellina – S. regia.

Комплекс IV выявлен в разрезах Жуков овраг, Слукино – Старое Слукино и Окский съезд (рис. 3). Слои с комплексом IV занимают нижнюю часть комплексной остракодовой зоны Darwinula mera – Gerdalia variabilis, то есть нижнюю часть вохминского горизонта. **Комплекс V** представлен видами: *Clinocypris tri*assica, Darwinula accuminata, D. aceris, D. acmayica, D. aff. oryzalis Naumcheva, 2018, D. legitima Mishina, 1969, D. lenta Schleifer, 1966, D. media Mishina, 1969, D. modesta Mishina, 1966, D. nota Shneider, 1960, D. obesa, D. prisca Mishina, 1969, D. pseudooblonga Belousova, 1961, D. recognita Schleifer, 1966, D. rotundata Lubimova, 1956, Gerdalia adducta, G. ampla, G. analoga, G. arta (Lubimova, 1956), G. artaformis (Mandelsatam et Shaikin, 1969), G. longa, G. rara Belousova, 1961, G. rixosa Mishina, 1966, G. secunda, G. variabilis, Suchonella posttypica Starozhilova, 1968, Suchonellina innae, S. regia, S. aff. mera (рис. 2).

Состоит преимущественно из представителей трех родов: Darwinula, Gerdalia и Suchonellina. Виды родов Suchonella и Clinocypris представлены единичными экземплярами. Всего в комплексе начитывается 29 видов, из них 16 отмечаются впервые, а 13 наследуются из предыдущих комплексов. Среди появившихся видов абсолютное большинство составляют виды рода Darwinula (10), меньше Gerdalia (4) и по одному виду Suchonellina и Suchonella. Комплекс отличается от предыдущего, помимо появления новых видов, уменьшением видового разнообразия Gerdalia относительно Darwinula и сокращением обилия Gerdalia до 32 % при увеличении Darwinula до 72 % от общего числа экземпляров в ассоциациях. На видовом уровне доминантами остаются G. longa, D. acmavica и S. regia. В то же время обилие D. aceris сокращается, а появившийся вид D. prisca наоборот становится очень многочисленным.

Комплекс отмечен в разрезах Жуков овраг, Слукино – Старое Слукино и Окский съезд (рис. 3). Слои с комплексом V соответствуют верхней части комплексной остракодовой зоны Darwinula mera – Gerdalia variabilis (верхняя часть вохминского горизонта) и имеют индский (нижнетриасовый) возраст [20].

Заключение. На материале из пяти разрезов, расположенных в разных районах Московской синеклизы, выделены пять комплексов остракод, отличающихся таксономическим составом фауны, а также количественным соотношением разных представителей. Среди комплексов поздней перми доминируют остракоды родов Suchonellina, Suchonella, Volganella, a среди триасовых – Darwinula и Gerdalia. Комплекс I выделен только в одном разрезе и на одном уровне, вследствие чего он имеет обедненный состав. Комплекс II отличается резким увеличением таксономического разнообразия. В комплексе III видовой состав меняется и появляются новые доминанты в ассоциациях. Комплекс IV отличается существенным обеднением состава на родовом уровне. Для комплекса V характерно появление большого числа новых видов и смена доминатов с *Gerdalia* на *Darwinula*.

Выделение комплексов в полных разрезах пограничных отложений выявило проблему соотношения между существующими комплексными остракодовыми зонами. На материале, полученном при изучении одних и тех же разрезов, Кухтинов и Молостовская выделяют разные зоны. Комплекс II попадает в интервал перекрытия зон Wjatkellina fragiloides – Suchonella typica и Suchonellina perelubica – Suchonella rykovi – S. posttypica. В связи с этим становятся не ясными объемы жуковского и нефёдовского горизонтов и их соотношение, так как они выделялись на основе остракодовых зон. Для решения этой проблемы потребуются дополнительные исследования.

Кроме того, необходимо отметить, что к комплексу III был условно отнесен уровень с богатой ассоциацией остракод из сл. 22 разреза 1027А (он же сл. А10 разреза 1029) в Жуковом овраге (рис. 3). Он представляет повышенный интерес как самый терминальный уровень с пермским комплексом остракод. Комплекс III в целом отличается некоторым сокращением видового разнообразия по сравнению с комплексом II и практически полным отсутствием представителей родов Volganella и Unzhiella. Но в сл. 22 они вновь отмечаются в большом количестве, повышается также и общее разнообразие за счет кратковременного возникновения новых видов. Для того чтобы понять, является ли этот уровень началом нового этапа развития позднепермских остракод или это всего лишь реакция сообщества остракод на местную экологическая ситуацию, необходимо открытие новых местонахождений.

В базальных слоях с комплексом IV обнаруживается существенное количество проходящих форм, обычных для пермских комплексов, но здесь представленных единичными экземплярами. Этот интервал может при дальнейшем изучении также оказаться специфичным комплексом, маркирующим основание вохминского горизонта.

Слои с выделенными комплексами, будучи прослежены регионально, могут лечь в основу более дробных биостратиграфических подразделений, чем нынешние комплексные остракодовые зоны.

Авторы искренне благодарят А. С. Алексеева за помощь в подготовке этой статьи. Работа осуществлена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров и для выполнения государственного задания № 5.2192.2017/4.6 в сфере научной деятельности, и при поддержке грантов РФФИ, проекты № 17-04-00410, 17-04-01937, 18-34-00721 и 18-05-00593.

^{1.} Арефьев М. П. Комплексная палеонтологическая, седиментологическая и геохимическая характеристика терминальных отложений пермской системы северо-восточного борта Московской синеклизы. Статья 1. Бассейн реки Малая Северная Двина / М. П. Арефьев, В. К. Голубев, В. Н. Кулешов, Д. А. Кухтинов, А. В. Миних, Б. Г. Покровский, В. В. Силантьев, М. Н. Уразаева, Б. Б. Шкурский,

О. П. Ярошенко, А. В. Григорьева, М. А. Наумчева // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 2016. – Т. 91, вып. 4. – С. 24–49.

2. Воронкова Е. А. Остракоды Volganelloidea Mandelstam из опорного разреза терминальных слоев верхней перми Русской платформы // Палеонтол. журн. – 2014. – № 5. – С. 34–37.

3. Голубев В. К. Граница перми и триаса на Восточно-Европейской платформе // Структура и статус Восточно-Европейской стратиграфической шкалы пермской системы, усовершенствование ярусного расчленения верхнего отдела пермской системы общей стратиграфической шкалы (Казань, 14–15 июля 2004 г.): Доклады всерос. совещ. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2004. – С. 19–21.

4. Голубев В. К. Опорный разрез перми и триаса в Жуковом овраге у г. Гороховец, Владимирская область / В. К. Голубев, А. В. Миних, Ю. П. Балабанов, Д. А. Кухтинов, А. Г. Сенников, М. Г. Миних // Бюл. Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. – 2012. – Вып. 5. – С. 49–82.

5. Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы / отв. ред. В. Р. Лозовский, Н. К. Есаулова. – М.: ГЕОС, 1998. – 246 с.

6. Кухтинов Д. А., Воронкова Е. А. О составе и биостратиграфическом значении остракод из терминальных слоев перми Русской платформы // Современная микропалеонтология: Тр. XV Всерос. микропалеонтологического совещ. (Геленджик, 12–16 сентября 2012 г.). – М.: ГИН РАН, 2012. – С. 236–239.

7. Кухтинов Д. А., Воронкова Е. А. Остракодовая характеристика вязниковского горизонта верхней перми Русской платформы // Бюл. Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. – 2012. – Вып. 5. – С. 83–88.

8. Кухтинов Д. А. Об остракодах пограничных отложений верхней перми и нижнего триаса в стратотипическом разрезе Жукова оврага / Д. А. Кухтинов, Е. А. Воронкова, М. П. Арефьев, В. К. Голубев, А. В. Миних // Палеонтология и стратиграфические границы: Материалы 58 сессии Палеонтологического общества (Санкт-Петербург, 2–6 апреля 2012 г.). – Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. – С. 89–90.

9. Миних А. В. К характеристике опорного разреза пограничных отложений перми и триаса в овраге Жуков (Владимирская обл., бассейн р. Клязьма) / А. В. Миних, В. К. Голубев, Д. А. Кухтинов, Ю. П. Балабанов, М. Г. Миних, А. Г. Сенников, Ф. А. Муравьев, Е. А. Воронкова // Пермская система: стратиграфия палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы: Сб. материалов Междунар. науч. конф., посвящ. 170-летию со дня открытия пермской системы (Пермь, 5–9 сентября 2011 г.). – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2011. – С. 133–138.

10. Молостовская И. И. Зональная схема верхней перми по неморским остракодам // Верхнепермские стратотипы Поволжья: Докл. Междунар. симп. (Москва, 28 июля – 3 августа 1998 г.). – М.: ГЕОС, 1999. – С. 157–160.

11. Молостовская И. И. О границе перми и триаса в Жуковом овраге // Изв. вузов. Геология и разведка. – 2010. – № 3. – С. 10–14.

12. Наумчева М. А. Остракоды из пограничных отложений перми и триаса разреза Окский съезд, Нижний Новгород / М. А. Наумчева, В. К. Голубев, Ю. П. Балабанов, А. Г. Сенников // Палеострат-2017. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН (Москва, 28 января – 1 февраля 2017 г.): Тез. докл. – М.: Изд-во ПИН РАН, 2017. – С. 78.

13. Опорный разрез татарского яруса реки Сухоны / под ред. В. Г. Очева. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1981. – 116 с.

14. Сенников А. Г., Голубев В. К. Пограничные отложения перми и триаса района гг. Вязники и Гороховец (Владимирская область) // Палеонтология и стратиграфия перми и триаса Северной Евразии: Материалы V Междунар. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения Владимира Прохоровича Амалицкого (1860–1917) (Москва, 22–23 ноября 2010 г.). – М.: Изд-во ПИН РАН, 2010. – С. 102–107.

15. Сенников А. Г., Голубев В. К. К фаунистическому обоснованию границы перми и триаса в континентальных отложениях Восточной Европы. 1. Гороховец – Жуков овраг // Палеонтол. журн. – 2012. – № 3. – С. 88–98.

16. Строк Н. И., Горбаткина Т. Е., Лозовский В. Р. Верхнепермские и нижнетриасовые отложения Московской синеклизы. – М.: Недра, 1984. – 140 с.

17. Татарские отложения реки Сухоны / под ред. Э. А. Молостовского, А. В. Миних. – Саратов: Научная книга, 2001. – 204 с.

18. Уточненная субрегиональная стратиграфическая схема триасовых отложений запада, центра и севера Восточно-Европейской платформы (Польско-Литовская, Московская и Мезенская синеклизы, Вятско-Камская впадина). – М.: Изд-во ПИН РАН, 2011. – 32 с.

19. Arefiev M. P., Golubev V. K., Balabanov Yu. P., Karasev E. V., Minikh A. V., Minikh M. G., Molostovskaya I. I., Yaroshenko O. P., Zhokina-Naumcheva M. A. Type and reference sections of the Permian-Triassic continental sequences of the East European Platform: main isotope, magnetic, and biotic events // XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian. Sukhona and Severnaya Dvina Rivers field trip (August 4–10, 2015). – Moscow: Borissiak Paleontological Institute RAS press, 2015. – 104 p.

20. Golubev V. K. Permian-Triassic boundary stratigraphy of the East European platform. The state of the art: no evidence for a major temporal hiatus // Permophiles. -2019. -N 67. - Pp. 33–36.

21. Molostovskaya I. I., Naumcheva M. A., Golubev V. K. Severodvinian and Vyatkian Ostracodes from the Sukhona River Basin, Vologda Region, Russia // Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2017 (Kazan, Russian Federation, 19–23 September 2017) / ed. by D. Nurgaliev. – Bologna: Filodiritto Publisher, 2018. – Pp. 179–187.

22. Naumcheva M. A., Golubev V. K. Nonmarine ostracodes at the Permian-Triassic boundary of the central part of the East European Platform // Palaeoworld (in press). – 2019. – https://doi.org/10.1016/j.palwor.2019.02.001.

1. Aref'ev M. P., Golubev V. K., Kuleshov V. N., Kukhtinov D. A., Minikh A. V., Pokrovskiy B. G., Silant'ev V. V., Urazaeva M. N., Shkurskiy B. B., Yaroshenko O. P., Grigor'eva A. V., Naumcheva M. A. Paleontology, sedimentology and geochemistry of the terminal Permian in northeastern part of Moscow Syneclise. 1. Malaya Severnaya Dvina River basin. *Byul. MOIP. Otd. geol.* 2016. Vol. 91. Iss. 2–3, pp. 24–49. (In Russian).

2. Voronkova E. A. Ostracodes Volganelloidea Mandelstam from the reference section of the terminal layers of the Upper Permian of the Russian platform. *Paleontologicheskiy zhurnal*. 2014. No. 5, pp. 34–37. (In Russian).

3. Golubev V. K. Permian-Triassic boundary at the East European Platform. *The structure and status of the East European stratigraphic scale of the Permian, the improvement of the stage division of the Upper Permian of the General Stratigraphic Scale (Kazan, July 14–15, 2004): Proceeding.* Kazan: Kazan University Press, 2004. pp. 19–21. (In Russian).

4. Golubev V. K., Minikh A. V., Balabanov Yu. P., Kukhtinov D. A., Sennikov A. G., Minikh M. G. Opornyy razrez permi i triasa v Zhukovom ovrage u g. Gorokhovets, Vladimirskaya oblast'. *Byul. Regional'noy mezhvedomstvennoy stratigraficheskoy komissii po tsentru i yugu Russkoy platformy*. 2012. Iss. 5, pp. 49–82. (In Russian).

5. Lozovsky V. R., Esaulova N. K. (Eds.). Granitsa permi i triasa v kontinental'nykh seriyakh Vostochnoy Evropy [Permian-Triassic boundary in the continental series of East Europe]. Moscow: GEOS. 1998. 246 p.

6. Kukhtinov D. A., Voronkova E. A. On the composition and biostratigraphic value of ostracods from the terminal layers of the Perm of the Russian platform. *Modern micropaleontology: Proceedings of the XV All-Russian micropaleontological meeting. (Gelendzhik, September 12–16, 2012).* 2012. No. 5, pp. 83–88. (In Russian).

7. Kukhtinov D. A., Voronkova E. A. Ostrakodovaya characteristic of the Vyaznikovsky horizon of the Upper Permian of the Russian Platform. *Bull. Regional interagency stratigraphic commission in the center and south of the Russian platform.* Moscow: Geological Institute of RAS Press. 2012. Pp. 236–239. (In Russian).

8. Kukhtinov D. A., Voronkova E. A., Aref'ev M. P., Golubev V. K., Minikh A. V. About ostracods of the boundary deposits of the Upper Permian and Lower Triassic in the stratotype section of the Zhukov ravine. *Paleontology and stratigraphic boundaries: Materials of the 58th session of the Paleontological Society (St. Petersburg, April 2–6, 2012).* St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2012. Pp. 89–90. (In Russian).

9. Minikh A. V., Golubev V. K., Kukhtinov D. A., Balabanov Yu. P., Minikh M. G., Sennikov A. G., Murav'ev F. A., Voronkova E. A. On the characteristics of the reference section of the Permian and Triassic deposits in the Zhukov ravine (Vladimir region, Klyazma river basin). *Perm system: stratigraphy, paleontology, paleogeography, geodynamics and mineral resources: International Scientific Collection a conference dedicated to the 170th anniversary of the opening of the Perm system (Perm, September 5–9, 2011).* Perm: Perm University Press. 2011. Pp. 133–138. (In Russian).

10. Molostovskaya I. I. Zonal scheme of the Upper Permian according to non-marine ostracods. *Upper Permian Stratotypes of the Volga Region (July 28 – August 3, 1998): Proceeding of International Symposium*. Moscow: GEOS. 1999. Pp. 157–160. (In Russian).

11. Molostovskaya I. I. On the Permian-Triassic boundary in the Zhukovy ravine. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2010. No. 3, pp. 10–14. (In Russian).

12. Naumcheva M. A., Golubev V. K., Balabanov Yu. P., Sennikov A. G. Ostracodes from the Permian and Triassic boundary beds of the Okskiy Syezd section, Nizhny Novgorod City. Paleostrat-2017. Annual Meeting (Scientific Conference) of the Paleontological Group of the Moscow Society of Naturalists and the Moscow Branch of the Paleontological Society under the Russian Academy of Sciences (Moscow, January 28 – February 1, 2017). Abstracts. Moscow: Izd-vo PIN RAN. 2017. Pp. 78. (In Russian).

13. Ochev V. G. (Ed.). Opornyy razrez tatarskogo yarusa reki Sukhony [Reference section of the Tatarian Stage of the Sukhona River]. Saratov: Izd-vo Saratovskogo un-ta. 1981. 116 p.

14. Sennikov A. G., Golubev V. K. Permian-Triassic boundary beds in the vicinity of the towns of Vyazniki and Gorokhovets (Vladimir region). *Permian and Triassic Paleon-*tology and Stratigraphy of North Eurasia: Materials of the Vth International Conference devoted to the 150th anniversary of the birth of Vladimir Prokhorovich Amalitzky (1860–1917). (Moscow, November 22–23, 2010). Moscow: Borissiak Paleontological Institute of RAS Press, 2010. Pp. 102–107. (In Russian).

15. Sennikov A. G., Golubev V. K. On the faunal verification of the Permo-Triassic Boundary in continental deposits of Eastern Europe. 1. Gorokhovets – Zhukov ravine. *Paleontologicheskiy zhurnal.* 2012. Vol. 46. No. 3, pp. 313–323. (In Russian).

16. Štrok N. I., Gorbatkina T. E., Lozovskiy V. R. Verkhnepermskie i nizhnetriasovye otlozheniya Moskovskoy sineklizy [Upper Permian and Lower Triassic deposits of the Moscow sineclise]. Moscow: Nedra. 1984. 140 p.

17. Molostovskiy E. A., Minikh A. V. (Eds.). Tatarskie otlozheniya reki Sukhony [Tatarian beds from the Sukhona River]. Saratov: Nauchnaya Kniga. 2001. 204 p.

18. Utochnennaya subregionalnaya stratigraficheskaya skhema triassovykh otlozheniy zapada, tsentra i severa Vostochno-Evropeyskoy platformy (Polsko-Litovskaya, Moskovskaya i Mezenskaya sineklizy, Byatsko-Kamskaya vpadina) [Corrected Subregional Stratigraphical Chart of the Triassic Deposits of Western, Central and Northern Parts of the East European Platform (Polish-Lithuanian, Moscow and Mezen Sineclises, Vyatka-Kama Depression)]. Moscow: Paleontological Institute of RAS Press. 2011. 32 p.

19. Arefiev, M. P., Golubev, V. K., Balabanov, Yu. P., Karasev, E. V., Minikh, A. V., Minikh, M. G., Molostovskaya, I. I., Yaroshenko, O. P., Zhokina-Naumcheva, M. A. 2015: Type and reference sections of the Permian-Triassic continental sequences of the East European Platform: main isotope, magnetic, and biotic events. *XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian. Sukhona and Severnaya Dvina Rivers field trip (August 4–10, 2015).* Moscow: Borissiak Paleontological Institute RAS. 104.

20. Golubev, V. K. 2019: Permian-Triassic boundary stratigraphy of the East European platform. The state of the art: no evidence for a major temporal hiatus. *Permophiles*. 67. 33–36.

21. Molostovskaya, I. I., Naumcheva, M. A., Golubev, V. K. 2018: Severodvinian and Vyatkian Ostracodes from the Sukhona River Basin, Vologda Region, Russia. *Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2017. (Kazan, Russian Federation, September 19–23, 2017).* Bologna: Filodiritto Publisher. 179–187.

22. Naumcheva, M. A., Golubev, V. K. 2019: Nonmarine ostracodes at the Permian-Triassic boundary of the central part of the East European Platform. *Palaeoworld* (in press). https://doi.org/10.1016/j.palwor.2019.02.001.

Наумчева Мария Алексеевна — аспирант, мл. науч. сотрудник, ПИН РАН¹. <m.zhokina@gmail.com> Голубев Валерий Константинович — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотрудник, ПИН РАН¹; Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ). Ул. Кремлёвская, 18, Казань, 420008, Россия. <vg@paleo.ru>

Naumcheva Mariya Alekseevna – Junior Researcher, PIN RAS¹. <m.zhokina@gmail.com>

Golubev Valeriy Konstantinovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, PIN RAS¹; Kazan (Volga Region) Federal University (KFU). 18 Ul. Kremlevskaya, Kazan, 420008, Russia. <vg@paleo.ru>

Borissiak Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences (PIN RAS). 123 Profsoyuznaya ul., Moscow, 117647, Russia.

¹ Палеонтологический институт им. А. А. Борисяка Российской академии наук (ПИН РАН). Профсоюзная ул., 123, Москва, 117647, Россия.

УДК 552.332(470.1)

И. И. ГОЛУБЕВА (ИГ Коми НЦ УрО РАН), Д. Н. РЕМИЗОВ (ВСЕГЕИ), И. Н. БУРЦЕВ, В. Н. ФИЛИППОВ, А. С. ШУЙСКИЙ (ИГ Коми НЦ УрО РАН)

Флюидоэксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса Среднего Тимана и их парагенетическая связь с карбонатитами

На Среднем Тимане выделена флюидоэксплозивная структура, включающая карбонатиты, эксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса и щелочные метасоматиты. Флюидоэксплозивная структура сформировалась за счет карбонатитового магматизма и его флюидных дериватов. *Ключевые слова:* карбонатиты, дайки ультрамафических пород, флюид, эксплозия, редкозе-

мельно-редкометалльная минерализация, Средний Тиман.

I. I. GOLUBEVA (IG Komi SC UB RAS), D. N. REMIZOV (VSEGEI), I. N. BURTSEV, V. N. FILIPPOV, A. S. SHUYSKIY (IG Komi SC UB RAS)

Fluid-explosion ultramafic rocks of the Middle Timan dyke complex and their paragenetic association with carbonatite

Fluid-explosion structure, including carbonatite, explosive ultramafic rocks of the dyke complex and alkaline metasomatite, has been identified in the Middle Timan. Fluid-explosion structure was formed due to carbonatite magmatism and its fluid derivatives.

Keywords: carbonatite, ultramafic dykes, fluid, explosions, rare earth and rare-metal-bearing mineralization, Middle Timan.

Для цитирования: Голубева И. И. Флюидоэксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса Среднего Тимана и их парагенетическая связь с карбонатитами / И. И. Голубева, Д. Н. Ремизов, И. Н. Бурцев, В. Н. Филиппов, А. С. Шуйский // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 30–44.

Введение. На Среднем Тимане в пределах юговосточной части Четласского поднятия развиты своеобразные дайковые шелочные эксплозивные ультрамафиты, объединенные в четласский комплекс щелочных пикритов [3]. Становление пород комплекса связано с байкальским тектоно-магматическим циклом и имеет рифейский возраст. В рассматриваемых щелочных флюидоэксплозивных ультрамафитах были впервые обнаружены редкоземельные карбонаты [2], характерные для ассоциирующих с дайковым комплексом карбонатитов и щелочных метасоматитов. В этой связи возникло предположение о парагенетической связи дайковых эксплозивных ультрамафитов и карбонатитов, развитых на Четласском поднятии.

В результате обобщения литературных данных и собственных исследований авторы пришли к выводу о формировании карбонатитов, дайкового комплекса флюидоэксплозивных ультрамафитовых пород и сопутствующих щелочных метасоматитов в рамках единой флюидоэксплозивной структуры (ФЭС) щелочно-карбонатитового типа мантийной природы. Генетическая модель ФЭС, разработанная Г. И. Туговиком [18], основана на взрывообразном (кессонно-эксплозивном) развитии постмагматических флюидов, связанных с магмой различного состава.

Интерес к описываемым образованиям обусловлен перспективами алмазоносности и редкометалльно-редкоземельной рудоносности района. К 1990-м годам геофизическими съемками, наземными горными породами и заверочными буровыми скважинами было выявлено около 50 дайковых полей, насчитывающих тысячи тел. Изучено распределение в потоках рассеяния минералов-спутников алмаза, намечены участки предполагаемых источников сноса, установлена алмазоносность долинных отложений р. Косью. Однако провести полноценный комплекс работ на поисковой стадии не удалось. Из 2000 аномалий было заверено не более 10 %, а представительно опробовано не более 20 % от вскрытых тел.

Первое подробное описание химических составов и петрогенезиса минералов флюидоэксплозивных ультрамафитов дайкового комплекса с предварительными выводами о неперспективности на алмазоносность данных пород опубликовано Н. А. Довжиковым [4]. Объемная обобщающая работа о карбонатито-щелочной

ассоциации на Среднем Тимане была выполнена В. И. Степаненко [17]. С большим временным промежутком появились новые результаты изучения щелочно-карбонатитовой ФЭС. Временной пробел и фрагментарность исследований связаны с тем, что коренные обнажения пород комплекса отсутствуют, а в 1990-е годы практически весь каменный материал буровых скважин и наземных горных выработок, полученный в 60-70-х годах в связи с поисками алмазов и редкометалльных руд в Четласском блоке Среднего Тимана, был уничтожен по разным техническим причинам, и лишь отдельные образцы сохранились в основном в частных коллекциях геологов. Вещественный состав карбонатитов изучался Н. С. Ковальчук, Т. Г. Шумиловой и др. [9: 20]. Исследованием эксплозивных ультрамафитовых пород дайкового комплекса занимаются в настоящее время И. И. Голубева, Е. Г. Довжикова, Н. И. Брянчанинова, А. Б. Макеев и др. [1; 2; 5; 12]. Результаты исследований по минералогии редкометалльно-редкоземельного рудопроявления в щелочных метасоматитах представлена в работах О. В. Удоратиной и др. [19].

Методика исследований. Микроскопическое изучение пород проводилось в лаборатории петрографии ИГ Коми НЦ УрО РАН (оптический микроскоп OLYMPUS BX 51). Элементный состав пород определялся методом ICP-MS на квадрупольном масс-спектрометре ELAN 9000 (PerkinElmer Instruments) (ИГиГ УрО РАН, Екатеринбург). Определение изотопного состава углерода в породах было выполнено на массспектрометре Finnigan Delta V Advantage (Thermo Fisher Scientific), соединенном с элементным анализатором ЕА 1112 посредством интерфейсного блока ConFlow IV (система EA-IRMS) в ИГ Коми НШ УрО. а состав минералов – методом микрозондового анализа на сканирующих электронных микроскопах JSM-6400 JEOL и VEGA3 TESCAN.

Геологическое строение щелочно-карбонатитовой ФЭС. Флюидоэксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса, карбонатитовые тела и связанные с ними метасоматиты (фениты) находятся в юго-восточной части Четласского поднятия на Среднем Тимане и приурочены к серии разрывов трещинного типа северо-восточного простирания. Если рассматривать поле распространения этих образований в целом, то оказывается, что они образуют ареал, в плане близкий к изометричному. Вмещающими породами являются слабометаморфизованные терригенные и терригенно-карбонатные четласской и быстринской серий среднего и верхнего рифея (рис. 1, a).

Мощность флюидоэксплозивных даек варьирует от десятков сантиметров до десятков метров в раздувах, протяженность достигает 3 км. Отмечаются многочисленные апофизы и прожилки во вмещающих породах, образующие сложные штокверковые тела. Вблизи контактовой зоны раздува дайки вмещающие породы интенсивно брекчированы и присутствуют в составе дайкового тела в виде ксенолитов [8]. Эти ксенолиты, подобно кимберлитовым рифам, находятся на одном гипсометрическом уровне с вмешающими породами без изменения ориентировки слоистости и сланцеватости. что свидетельствует об относительно спокойном истечении твердогазо-расплавного материала в зоне дезинтеграции рифейской толщи. Породы характеризуются неоднородностью, обусловленной насыщенностью обломками разной размерности пород мантийного и корового происхождений, погруженными в связующей массе неоднородного состава. Весьма пестрый состав породы также обусловлен многофазным становлением дайковых тел и наложенному интенсивному метасоматозу. Из-за конвергентных свойств эксплозивные ультрамафиты трактуются как лампрофиры [7], щелочные пикриты [3; 8], реже кимберлиты или меймичиты. Многочисленные пойкилобласты флогопита придают породе облик лампрофиров минеттового ряда [13]. Кроме того, флюидоэксплозивные ультрамафиты, насыщенные разнородными обломками мантийных и вмещающих пород, приобретают облик кимберлитов, а в случае преобладания обломочного оливина – меймечитов.

Карбонатиты ФЭС установлены в единичном штокообразном теле Косью овальной формы (с размерами 250 × 400 м, по геофизическим данным), ориентированным по простиранию зоны трещиноватости (рис. 1, б) [8]. В экзоконтактах карбонатитового тела фиксируются широкие от 10-60 м зоны дезинтегрированных вмещающих пород, образованных в результате взрывного отделения газов из карбонатитового расплава. Брекчированные легко проницаемые метаосадочные породы подвергаются фенитизации и карбонатизации. Метасоматизированные породы характеризуются развитием эгирина, щелочного амфибола, микроклина, альбита, кальцита. Поднимавшийся карбонатитовый расплав-раствор сформировал в канале раздробленных пород рифейской толщи штокообразное тело с апофизами. Контактовая фенитизированная зона карбонатитового тела, захваченные ксенолиты фенитов и метапсаммитов подвержены флогопитизации. Состав карбонатных минералов эволюционировал от доломита к анкериту и сидериту [8; 9]. Каждому этапу формирования породы соответствует определенная редкометалльно-редкоземельная минерализация.

Для пород первичного доломитового расплава характерны минералы циркония, на последующей стадии формирования (доломит-анкеритовой) кристаллизовались минералы стронция, цинка, фосфора. Заключительная стадия становления карбонатитового тела характеризуется тантал-ниобиевой и редкоземельной минерализацией [9]. На регрессивном этапе, после становления карбонатитового массива и флогопитизации вмещающих пород, образовались секущие гидротермальные жилы гетит-полевошпатового





а – фрагмент государственной геологической карты, масштаб 1 : 200 000, авторы В. М. Пачуковский, Х. О. Траат, Р. Я. Мищенко и др., 1985 г.;

б – фрагмент государственной геологической карты, масштаб 1 : 200 000, авторы И. А. Житникова, С. Ю. Шаткевич, А. Р. Бахтеев, С. И. Кириллин, 2017 г.;

в - геологический разрез карбонатитового штока на р. Косью [8];

е – схема геологического строения дайки флюидоэксплозивных ультрамафитов в бассейне р. Косью, местоположение скв. 55, автор Г. А. Дубина, 1983 г.

а, *б*: *1* – алевролиты, аргиллиты, доломитизированные известняки; *2* – известняки, доломитизированные известняки; *3* – песчаники, алевролиты, аргиллиты; *4* – кварцито-песчаники, алевролиты, сланцы; *5* – базальты, долериты; *6* – флюидоэксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса; *7* – карбонатиты; *8* – метадолериты; *9* – разломы.

в: 1 – сланцы; 2 – кварцито-песчаники; 3 – карбонатиты; 4 – фенитизированные брекчии метаосадочных пород; 5 – фениты; 6 – слюдиты; 7 – кварц-гетит-гематитовые жилы; 8 – гетит-полевошпатовые жилы; 9 – предполагаемый разлом и кварц-гетит-гематитового составов с редкометалльно-редкоземельной минерализацией [8]. На геологическом разрезе (рис. 1, *в*) хорошо видны сложные временные взаимоотношения всех составных частей карбонатитов ФЭС и последовательность становления пород. Карбонатитовый раствор-расплав проникал в ранее фенитизированную брекчированную зону с образованием штокообразного тела с последующей флогопитизацией вмещающих пород.

В поле распространения эксплозивных дайковых тел отмечаются зоны диаклазов северо-восточного простирания со сложной разветвленной трещинной системой с проявлением фенитизации. На шести участках фенитизированных зон отмечены высокие концентрации редкометалльно-редкоземельных минералов, выделенные как перспективные рудные объекты.

Возраст ультрамафических пород дайкового комплекса, определенный К-Ar и Ar-Ar методами по флогопиту, составляет 550–635 млн лет [8; 19], Rb-Sr изотопные определения по валовому составу породы показали 820 ± 9 млн лет [1]. Значения ϵ Nd(t) (+5,01...+5,36) и соотношения изотопов стронция ⁸⁶Sr/⁸⁷Sr в пределах 7,041–0,7043, полученные по породам, предполагают, что источником вещества для эксплозивных ультрамафитов является деплетированная мантия [1].

Предметом наших исследований послужили эксплозивные ультрамафические породы скв. 55 глубиной 173 м, пробуренной в поле пересекающихся дайковых тел в виде сетки с максимальной мощностью 5 м, расположенных в долине р. Косью (рис. 1, г). В сохранившемся керне хорошо прослеживаются все этапы становления эксплозивных ультрамафитов и особенности их становления. Дайковое тело имеет многофазное строение. Это отражено присутствием пород предыдущих фаз внедрения в виде блоков с четкими границами или обособлений с постепенными переходами в связующую массу.

Характеристика вещественного состава флюидоэксплозивных пород дайкового комплекса. Эксплозивные ультрамафические породы имеют очень плотное сложение и темную окраску (рис. 2, a), на фоне которой выделяются блестки флогопита, разрастающиеся в некоторых случаях до крупных пойкилобласт (1,5-3,0 см), в связи с чем порода приобретает облик лампрофира минеттового ряда (рис. 1, δ). В породе отмечаются кристаллокласты оливина (до 5 %), пироксена (до 10 %), хромшпинелида, ксенолиты мантийных и вмещающих пород (рис. 2, $r-\kappa$). Обломки мантийных пород представлены пироксенитом и горнблендитом с размерностью от 10 мм до 10 см (рис. 2, *в*). Изучаемая флюидоэксплозивная ультрамафическая дайка не отличается высокой концентрацией ксенолитов мантийных пород, их количество составляет не более 10 %. Обломки оливина и пироксена имеют размерность в среднем 5-8 мм (иногда достигают 2 см), а хромшпинелидов – около 1 мм. Обломки пород и минералов округленной формы погружены в связующую массу, сложенную метасоматическими минералами: амфиболом 0-50 %, пироксеном 0-70 %, флогопитом 5-70 %. Процентное отношение перечисленных минералов резко варьирует от полного отсутствия какоголибо из них до стопроцентного преобладания. Иными словами, связующая масса может быть мономинеральным или двух-трехкомпонентным минеральным агрегатом. Нередко встречаются фрагменты ранее сформированных пород с определенным составом связующей массы (например, амфиболовой) в виде обособлений с четкими границами в породе иного состава. В межзерновом пространстве кристаллизуются кальцит, хлорит, длиннопризматический апатит, альбит, барит, эпидот, магнетит.

Среди минеральных кристаллокластов преобладает *оливин*, представляющий псевдоморфозы из серпентина, хлорита, тремолита и талька (рис. 2, *г*, *д*). В некоторых случаях в них отмечаются реликтовые включения хромшпинелидов.

Пироксен в породе присутствует как в виде порфирокласт, так и новообразованных гипидоморфных удлиненных кристаллов в связующей массе. В пироксеновых обломках хорошо видны криволинейные трещины, характерные для ударного воздействия и особенно ярко проявленные в их краевых участках (рис. 2, ж). По химическим характеристикам пироксен относится к группе диопсида низкобарического происхождения (табл. 1). Для него типично высокое содержание оксидов железа (в среднем 5,4 %), глинозема (в среднем 6,7 %), кальция (в среднем 21,4 %) и пониженное количество магния (в среднем 14,1 %). Щелочи, характерные для пироксенов высокобарического кимберлитового парагенезиса, в исследованном пироксене имеют низкие значения. Количество Na₂O составляет в среднем 0,47 %, а К₂О вообще отсутствует. Обломки пироксенов имеют в основном однородный химический состав, иногда присутствуют реакционные каймы, выраженные визуально другим оттенком зеленого цвета и пониженным двупреломлением (рис. 2, 3). Реакционные каймы, обломки и новообразованный пироксен связующей массы характеризуются одинаковым составом, соответствующим диопсиду (рис. 2, л). Состав центральной части пироксенов с реакционной диопсидовой каймой отвечает авгиту (табл. 1). Обломки однородного диопсидового состава могут быть фрагментами реакционных кайм более крупных обломков пироксенов или отдельных зерен, полностью изменивших химический состав при воздействии транспортирующих их флюидов. Мантийный пироксен претерпел низкотемпературное преобразование не единожды, так как обнаружен обломок пироксена с двумя реакционными каймами и реликтовым участком высокомагнезиального состава с соответствующими высокими термическими условиями кристаллизации. Таким образом, химические составы обломочного мантийного пироксена в эксплозивных ультрамафитах, скорее всего, не

Эгирин-альбит-кальцитовый метасоматит Пироксенит





a – полированный срез керна эксплозивного уьтрамафита дайкового комплекса; δ – крупный порфиробласт флогопита; s – полированный срез керна с обломками пироксенита и щелочного метасоматита; c – серпентинизированные обломки оливина, микрофотография в скрещенных николях; микрофотографии при одном поляризаторе: ∂ – серпентинизированных обломков оливина в флогопитовом матриксе, e – обломков пироксена, κ – трещин ударного воздействия в пироксене, s – зонального пироксена, u – обломка хромшпинелида, κ – обломка зеленой шпинели; n – оценка температур образования породы по составу пироксена [23] (1 – новообразованный пироксен связующей массы и обломки пироксена однородного состава; 2 – центральная часть обломка пироксена; 3 – каемка обломка пироксена; 4 – границы номенклатурных пироксенов, относящихся к системе MgSiO₃ – FeSiO₃ – CaSiO₃)

Химический состав породообразующих минералов флюидоэксплозивных ультрамафитов дайкового комплекса Среднего Тимана (мас. %)

	Хромистый диопсид		Пироксен						Флогопит		Амфибол	
Компо- ненты	n = 6		Центральная часть обломков пироксена n = 14		Реакционная каемка обломков n = 5		Метасоматиче- ские зерна пиро- ксена в матриксе n = 28		n = 45		n = 6	
	x min	x max	x max	x max	x min	x max	x min	x max	x min	x max	x min	x max
$\begin{array}{c} SiO_2\\TiO_2\\Al_2O_3\\Fe_2O_3\\MgO\\MnO\\CaO\end{array}$	31,5 0 0,52 0,6 13,63 0,0 5,15	54,9 0,31 5,6 1,77 18,38 0,0 22,3	48,68 0,29 1,22 3,4 7,76 0,0 14,07	54,27 1,67 9,74 12,16 15,75 0,52 23,31	47,9 0,82 4,27 3,53 13,21 0,0 22,06	50,59 1,72 7,7 4,85 15,11 0,18 23,66	46,62 0,0 0,52 2,32 13,26 0,0 20,77	55,85 3,23 10,94 11,24 17,94 0,3 23,93	22,6 0,0 10,2 5,17 11,77 0,0 0,0	45,87 3,99 19,23 18,75 29,7 0,46 1,5	43,1 1,37 10,98 10,24 14,65 0,0, 11,91	44,61 2,32 12,7 13,24 17,62 0,57 13,49
Na ₂ O	0,0	0, 84	0,29	1,26	0,0	0,46	0,0	0,84	0,0	2,04	3,05	3,6
K ₂ O BaO	0,0 0,0	0,1 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	7,27 0,0	9,99 2,7	0,63 0,0	0,86 0,0
BaO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0

отвечают истинным условиям его кристаллизации, а отражают глубокую перекристаллизацию в коровых условиях в процессе становления дайковых тел. В породе отмечен в малых долях изумрудный *хромдиопсид*, содержащий Cr_2O_3 0,6–1,77%. Небольшие содержания типоморфных элементов Al_2O_3 до 5,6%, Na_2O 0,0–0,84%, отсутствие K_2O в данном минерале не соответствуют характерным признакам хромдиопсида высокобарического происхождения (табл. 1). Ранее специалисты отмечали низкие термодинамические условия образования пироксенов и предполагали кристаллизацию минерала в мантийных условиях шпинель-пироксеновой фации [4; 5].

Хромшпинелид диагностируется в виде обломочного ксеногенного мантийного минерала (рис. 3, а), иногда как пойкилитовые включения в оливине. Хромшпинелид представлен среднехромистой разновидностью, реже зеленой шпинелью (табл. 2). В изучаемых эксплозивных ультрамафитах хромшпинелид по химическому составу наиболее сохранившийся минерал, соответствующий первичным мантийным условиям зарождения. На тройной диаграмме Al³⁺ – Cr³⁺ – Fe^{3+} (рис. 3, e^{3+}) за счет изоморфного замещения межлу хромом и алюминием проявляется неполный магматический эволюционный тренд, соответствующий пироксенитовому генезису, что подтверждает ксеногенную природу минерала и опровергает пикритовый генезис дайковых ультрамафитов Среднего Тимана. В хромшпинелиде и железистой шпинели отмечаются повышенные количества титана (табл. 2). Для минерала характерно стадийное замещение, отражающее процессы эволюции расплава в коровых условиях и постмагматическое преобразование породы. На диаграмме $Al^{3+} - Cr^{3+} - Fe^3$ для хромшпинелидов прослеживается пикритовый реакционный тренд, обусловленный реагированием минерала с флюидным потоком. Визуально это проявляется в виде черной каймы, в которой на микрозондовых электронно-микроскопических снимках обнаружена пористая кружевная структура (рис. 3, е, ж). Химический состав данной каймы представлен в табл. 2 (столбец о ранних каемках). Зеленая шпинель замещается хлоритом и последовательно магнетитом. В уже сформировавшейся породе за счет низкотемпературных гидротермально-метасоматических процессов в хромшпинелиде формируется поздняя магнетитовая каемка с характерными проникающими отростками в интерстициях контактирующих минералов (рис. 3, б, ж). Химический состав магнетитовой каймы представлен в табл. 2 (столбец о поздних каемках). В обеих реакционных каемках отмечаются примеси Mn и Zn (табл. 2).

 Φ логопит — основной компонент как связующей массы, так и порфиробласт. Исследователи пород дайкового комплекса отмечали до пяти генераций флогопита [8]. В изучаемых породах скв. 55 диагностировано только две генерации, представленные пойкилобластами и мелкочешуйчатым агрегатом (рис. 3, г, з). Флогопитовые пойкилобласты кристаллизуются позже всех породообразующих метасоматических минералов связующей массы и нередко разрастаются до порфиробластов с самыми крупными размерами. Мелкочешуйчатый флогопит образует мономинеральные жилки. Во флогопите отмечается небольшое содержание титана и повышенное количество глинозема, соответствующее таковым в кимберлитах (рис. 3, ∂). На графике Митчелла проявляется прямая корреляция глинозема с титаном, отражающая насыщение флюида
Региональная геология и металлогения № 80/2019



Рис. 3. Химические особенности хромшпинелидов и флогопита флюидоэксплозивных ультрамафитов

a — округлый обломок хромшпинелида, микрофотография при одном поляризаторе; δ — хромшпинелид с черной реакционной каймой, микрофотография при одном поляризаторе; s — особенности составов хромшпинелида на тройной диаграмме A^{13+} — Cr^{3+} — Fe^{3+} (1 — хромшпинелиды скв. 55; 2 — хромшпинелиды других скважин по [12]; 3 — ранняя реакционная кайма хромшпинелида; 4 — поздняя реакционная кайма хромшпинелидов); c — пойкилобласт флогопита, микрофотография с анализатором; ∂ — фигуративные точки химического анализа флогопита на диаграмме Митчелла; e, m — электронно-микроскопические изображения реакционных каемок хромшпинелидов, снятых в режиме упругоотраженных электронов, ранняя реакционная кайма имеет серый цвет, поздняя — белый; 3 — микрофотография мелкочешуйчатого биотита при одном поляризаторе

Таблица 2

Химический состав обломочного хромшпинелида в флюидоэксплозивных ул	пьтрамафитах
дайкового комплекса (мас. %)	

Компо- ненты	Зеленая шпинель n = 5			Хромшпинелид								
				Центральная часть n = 26			Ранние каемки n = 15			Поздние каемки n = 20		
	x min	x max	x middl	x min	x max	x middl	x min	x max	x middl	x min	x max	x middl
TiO ₂	0,33	0,65	0,53	0	1,51	0,66	0	0,98	0,54	0	6,26	1,6
Al ₂ O ₃	61,86	70,93	66,27	12,2	41,0	29,6	7,07	29,47	22,2	0	8,23	1,4
Cr ₂ O ₃	0	0,24	0,13	17,42	51,45	34,1	25,41	39,65	34,4	2,23	29,28	8,43
FeO*	15,86	22,1	19,3	12,55	20,29	16,7	16,57	50,86	28,0	42,10	98,14	79,1
MgO	19,78	23,97	21,22	12,05	20,43	17,53	1,29	18,1	11,06	0	2,99	0,73
MnO	0	0	0	0	0	0	0	2,99	0,39	0	2,74	0,82
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	2,29	0,15	0	1,75	0,48

щелочами и соответственно повышение температуры. Метасоматический *амфибол* связующей массы выражен паргаситом и тремолит-актинолитовой группой (табл. 1).

Кальцит в эксплозивных брекчиях представлен как породообразующий минерал дезинтегрированной щелочной метасоматизированной зоны и син- и постмагматический новообразованный — в эксплозивных ультрамафических породах. Эгирин-альбит-кальцитовые обломки округлой формы дезинтегрированной зоны щелочных метасоматитов (рис. 2, *в*; 4, *а*)

под воздействием флюидного потока дробятся и слегка растаскиваются в виде остроугольных осколков, обрастая впоследствии реакционной эгириновой каймой (рис. 4, б). В другом случае они рассыпаются в виде мелкообломочного агрегата, вытягивающегося вдоль флюидальности породы (рис. 4, в). В ксенолитах щелочных метасоматитов кристаллизуются титанит, апатит, цериевый монацит, алланит. На завершающей стадии формирования эксплозивной ультрамафической брекчии за счет Са-Na флюидного пропитывания образуются метасоматические ветвящиеся жилки и миндалевидные обособления кальцит-альбитового или мономинерального кальцитового составов (рис. 4, г, д). В данных новообразованиях, помимо перекристаллизованных минералов связующей массы (рис. 4, е, ж), обнаружены редкоземельные карбонаты группы анкилита (рис. 4, 3), минералы тория – торогуммит (рис. 4, л), торианит (рис. 4 и, к), торит (табл. 3), апатит, алланит (рис. 4, м), цериевый монацит (рис. 4, н; табл. 3), марганцевый ильменит (рис. 4, *o*) со средним содержанием оксида марганца до 8,9 % (табл. 3). В этих же участках диагностируются сульфиды: миллерит, пентландит, сфалерит, молибденит, халькопирит. Во вторичном жильном кальците отмечается примесь SrO до 9.43 %. Редкометалльно-редкоземельная минерализация в кальцитовом агрегате дайкового комплекса происходит, как и в карбонатитовом штоке Косью, на стадии низкотемпературного метасоматоза. Таким образом, в эксплозивных ультрамафических породах обнаружены несколько генераций кальцита, сформировавшихся до внедрения флюдоэксплозивных ультрамафитов (в фенитах) синхронно с флюидоэксплозивными процессами и в стабильных условиях. На первом этапе формирования даек во фронтальной части флюидного щелочно-карбонатного потока карбонатитового расплава образуются щелочные альбит-карбонатные метасоматиты (фениты), подобные таковым в контактах карбонатитового штока Косью. Затем за счет эксплозивной деятельности метасоматиты и вмещающие рифейские толщи дезинтегрируются и смешиваются с поступившим мантийным веществом с образованием дайковых тел. Во время становления порол лайкового комплекса и в постмагматической сталии в стабильном состоянии в ультрамафитах формируются кальцитовые, кальцит-альбитовые жилки и миндалеподобные глобульные обособления с редкоземельно-редкометалльной минерализацией.

Во флюидоэксплозивных ультрамафитах дайковых тел В. И. Степаненко были выявлены существенные вариации значений изотопного состава углерода и кислорода в кальците: $\delta^{13}C = -7, 2...-4, 4 \%$ и $\delta^{13}O = 8, 5-20, 7 \%$ [8]. В этом же диапазоне находятся значения изотопного состава кальцита в исследованных породах скв. 55: $\delta^{13}C = -6, 3...-4, 73 \%$

Таблица 3

Компо-	Анкилит	Торианит	Торит	Торогуммит (?)	Алланит	Монацит	Ильменит
ненты	n = 13	n = 5	n = 4	n = 1	n =5	n = 24	n = 21
SiO ₂	_	1,8	18,0	12,84	33,61	_	3,5
TiO ₂	_	_	_	_	_	_	43,6
Al ₂ O ₃	_	_	—	_	18,0	_	_
CaO	8,1	1,4	1,3	_	18,0	1,0	_
MgO	—	—		—	—	—	2,1
FeO	—	0,9	1,2	—	13,1	—	40,0
MnO	—	—	—	—	—	—	8,9
BaO	2,9	—	—	—	—	—	_
SrO	16,4	—	—	—	_	—	_
Na ₂ O	0,36	—	—	—	—	—	_
PbO	—	2,2	—	—	_	—	_
P_2O_5	—	_	—	—	_	24,7	_
La ₂ O ₃	10,7	_	—	—	4,5	24,4	_
Ce ₂ O ₃	15,3	—	2,0	1,44	5,8	32,0	_
Pr ₂ O ₃	0,36	—	—	—	—	1,7	_
Nd ₂ O ₃	3,34	—	2,35	2,3	1,46	5,5	_
Y ₂ O ₃	_	—	2,0	2,73	—	—	—
Eu ₂ O ₃	_		0,2		—	—	—
ThO ₂	—	67,68	53,9	38,77	—	0,4	—
UO ₂	_	7,0	0,57	—	—	-	—

Средние химические содержания редкометалльно-редкоземельных минералов и ильменита в флюидоэксплозивных ультрамафитах дайкового комплекса (мас. %)

Региональная геология и металлогения № 80/2019





и δ^{13} O = 11,77–12,93 ‰. Такой же значительный разброс значений изотопного состава углерода (δ^{13} C = -6,5... -3,6 ‰) и кислорода (δ^{13} O = 9,2–21,1 ‰) обнаружен в породах карбонатитового штока, что отражает длительную и многостадийную (магматическую и метасоматическую) историю его формирования [20].

Формационная принадлежность пород Четласской ФЭС Среднего Тимана. Карбонатиты Четласского поднятия не имеют промежуточных дифференциатов щелочно-ультраосновных первичных магм и территориально связаны с дайковым комплексом флюидоэксплозивных ультрамафитов, поэтому предполагается их принадлежность к формации кимберлитовых карбонатитов [14]. В карбонатах штока Косью, как и в кимберлитовых карбонатитах, отмечаются низкие содержания Zr и Sr (табл. 4). Индикаторное отношение Ba/Sr в Тиманских карбонатитах, как и в кимберлитовых, обнаруживает низкое значение 0,03 в связи с небольшим количеством Ва (167 г/т) [14]. Отмечаются невысокие количества Ті (300,0 г/т), Cr (83,49 г/т), Zr (11,87 г/т), Sr (4640,0 г/т), низкие значения индикаторных отношений Ti/Cr = 3,9 и 100, Zr/P = 0.06. Повышенное содержание Nb (160,68 г/т) повлияло на высокое значение индикаторного отношения Nb/Zr = 13.3. Однако превышение в несколько раз содержания легких лантаноидов в Четласских карбонатитах не свойственно для формации кимберлитовых карбонатитов (табл. 4). Высокие показатели лантаноидной группы (количество La составляет в среднем 3695 г/т) - специфичная и отличительная особенность Тиманских карбонатитов по сравнению с карбонатитами известных карбонатитовых формаций, связанных с глубокой метасоматической переработкой [14]. Для наглядного сопоставления спектров распределения редкоземельных элементов в Четласских и типичных карбонатитах Ковдорского массива приводятся графики на рис. 5, д. Основной носитель лантаноидов в Тиманских карбонатитах – монацит.

Проблемы с петрохимической типизацией пород возникают и для дайковых флюидоэксплозивных ультрамафитов, представленных своеобразными магматическими брекчиями, образованными разнородным обломочным мантийным материалом, сцементированным агрегатом метасоматических минералов. Видимо, для такого рода пород, не являющихся обычными магматитами и кристаллизующихся из какого-либо расплава, не имеет смысла искать место в предложенных классификациях магматических пород. Флюидоэксплозивные породы дайкового комплекса по содержанию SiO₂ (39,0-41,1 мас. %) и суммы щелочей (2,27-7,75 %) формально можно отнести к щелочным пикритам и пикробазальтам (рис. 5, а), что подтверждают спектры распределения редкоземельных элементов (рис. 5, д). Совпадающие спектры дифференциации редкоземельных элементов для пикритов и дайковых ультрамафитов свидетельствуют о единых мантийных глубинах зарождения пикритового расплава и обломочного мантийного материала в флюидоэксплозивных ультрамафических дайках, вынесенных впоследствии в кору карбонат-щелочными флюидами. Эти же спектры распределения редкоземельных элементов свидетельствуют о разных первоисточнике расплавов и глубине зарождения эксплозивных щелочных ультрамафитов и карбонатитов, что противоречит теории о так называемых щелочных пикритах, послуживших дериватами для карбонатитов дайкового комплекса. Низкие количества MgO (11,4–18,6 мас. %), TiO₂ (0,95–1,7 мас. %), повышенные значения Al₂O₃ (7,32–10,34 мас. %), обнаруженные в изучаемых эксплозивных ультрамафитах, принимаемых до сегодняшнего времени за щелочные пикриты, не характерны для последних. Этот факт визуально демонстрирует диаграмма $Al_2O_3 - MgO/(FeO + Fe_2O_3 + TiO_2)$, на которой фигуративные точки химических анализов щелочных ультрамафитов Тимана концентрируются в поле мелилититов (рис. 5, *г*). Однако этому факту противоречит отсутствие в изучаемых породах фельдшпатоидов. Для сравнения на этом графике помешены средние значения химических элементов шелочных пикритов Восточной Сибири [11], эксплозивных алмазсодержащих щелочных пикритов КНР [21] и биотитовых пикритов дайкового комплекса архипелага Шпицберген [6]. Флюидоэксплозивные ультрамафиты Среднего Тимана ассоциируют с карбонатитами и имеют минеральный состав, близкий с кимберлитоподобными породами – альпикритами. Это предположение подтверждается петрохимическими параметрами, так как на диаграммах

Рис. 4. Редкометалльно-редкоземельная минерализация в Ca-Na метасоматитовых проявлениях в флюидоэксплозивных ультрамафитах дайкового комплекса

a — округленный обломок дезинтегрированной фенитизированной зоны эгирин-альбит-кальцитового состава в флюидоэксплозивных ультрамафитах дайкового комплекса (фотография В. Г. Котельникова); δ — эгириновая реакционная оболочка в краевой части обломков Ca-Na метасоматитов, мкф1; e — раздробленный агрегат кальцитового метасоматита, мкф1; e — метасоматическая кальцитовая жилка с редкометалльной и редкоземельной минерализацией, мкф1; ∂ — альбит-кальцитовый новообразованный агрегат в виде глобулы, микрофотография при скрещенных поляризаторах; e — перекристаллизованные кристаллы амфибола в виде шетки в метасоматическом кальците, мкф1; m — хорошо ограненные кристаллы перекристаллизованного амфибола в кальцитовой метасоматической жилке, мкф1; 3 — анкилит в кальцитовом метасоматическом агрегате, мкф2; u, κ — торианит в кальцитовом метасоматическом кальците, мкф2; m — обрастание алланита по краю кристалла метасоматического кальцита, мкф2; n — монацит в альбитовой жилке, мкф2; o — марганцевый ильменит, мкф2. Микрофотографии, полученные: мкф1 — без анализатора, мкф2 — в режиме упругоотраженных электронов

Средние содержания породообразующих оксидов (мас. %) и элементов-примесей (г/т) в карбонатитах флюидоэксплозивных ультрамафитов дайкового комплекса Среднего Тимана

Компо-	Карбо	натиты массив n = 8 [10]	а Косью	Эксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса скв. 55 (n = 5)						
ненты	x min	x max	x middl	55-3	55-6	55-17	55-18	55-31	x middl	
SiO ₂	1,19	17,86	10,29	44,1	45,53	40,48	34,87	39,53	33,0	
TiO ₂	0,01	0,2	0,05	1,17	1,34	1,41	1,7	0,95	1,3	
Al ₂ O ₃	1,03	5,77	2,85	9,18	9,54	10,34	10,75	7,32	8,8	
Fe ₂ O ₂	0,01	2,21	1,35	1,97	3,95	3,79	5,75	3,09	3,11	
FeO	4,92	15,18	8,24	6,09	4,42	6,39	4,12	4,8	5,1	
MgO	7,99	15,35	12,07	18,57	17,84	18,55	14,35	18,38	17,5	
MnO	1,00	2,02	1,36	0,12	0,12	0,11	0,15	0,19	0,14	
CaO	18,16	29,27	24,61	9,78	9,26	7,69	13,74	13,69	10,8	
Na ₂ O	0,06	0,24	0,12	0,3	0,47	0,29	0,56	1,36	0,59	
K ₂ O	0,46	3,76	1,12	4,11	3,12	2,04	3,01	2,16	2,8	
P ₂ O ₅	2,8	11,89	5,43	0,38	0,31	0,36	0,44	0,62	0,4	
Mn	7 700,0	14 000,0	10 472,0	924,0	924,0	847,0	1 155,0	1 463,0	1 062,6	
V	0,0	23,28	9,02	168,3	176,8	220,7	128,1	162,0	171,0	
Cr	24,77	165,39	83,49	1 829,4	1 826,6	507,6	503,8	224,5	977,8	
Co	10,06	23,71	16,92	49,9	43,4	43,5	53,1	31,2	44,0	
Ni	28,0	125,0	65,32	378,9	276,82	161,48	416,429	86,0	263,6	
Rb	0,20	104,12	25,48	123,3	99,6	79,1	59,8	76,3	87,6	
Sr	1 425,6	8 744,2	4 640,7	715,8	1 140,5	1 501,9	1 272,1	533,8	832,8	
Y	4,55	49,55	16,7	14,2	13,6	10,5	16,4	14,1	9,7	
Zr	0,0	59,98	11,87	103,04	102,2	103,3	90,6	67,8	93,3	
Nb	2,92	541,16	160,68	69,8	69,4	73,5	106,2	77,2	79,22	
Cd	0,05	1,76	0,52	0,015	0,037	0,04	0,6	0,02	0,03	
Cs	0,0	1,39	0,3	6,018	2,9	2,7	3,1	2,4	3,42	
Ba	35,18	496,6	167,28	902,7	1 181,4	826,51	1 620,7	985,9	1 103,0	
La	649,47	6 327,4	3 695,1	54,6	51,8	59,2	116,6	61,3	68,64	
Ce	805,48	11 513,0	4 /62,3	99,3	98,7	106,7	196,8	115,4	123,3	
Pr	180.2	2 574 4	434,47	10,8	20.6	11,0	21,5	14,0	13,8	
Sm	10.5	301.02	75.60	40,5	59,0	40,0	10.4	80	49,0	
En En	1 30	<i>44</i> 30	9.64	0,5	1.7	1.6	2.6	0,9 2.65	2.05	
Gd	4 55	49.55	16.7	3 65	3.8	3.2	4.8	6.4	4 37	
Tb	0.37	5.68	1.71	0.5	0.6	0.4	0.7	0.7	0.58	
Dy	1,2	16,31	4,72	3,4	3,3	2,8	4,2	4,3	3,6	
Но	0,19	2,15	0,69	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,68	
Er	0,43	4,73	1,67	1,6	1,6	1,2	1,9	1,95	1,41	
Tm	0,05	0,55	0,21	0,2	0,2	0,1	0,3	0,25	0,21	
Yb	0,37	3,1	1,2	1,3	1,3	0,86	1,3	1,5	1,2	
Lu	0,06	0,38	0,15	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,18	
Hf	0,0	0,5	0,25	2,8	2,7	3,0	2,6	2,5	2,72	
Та	0,01	1,28	0,37	3,9	4,4	5,2	3,5	7,6	4,92	
Th	4,99	576,45	107,9	10,6	11,6	11,6	45,6	13,7	25,3	
U	0,03	47,96	6,42	4,0	1,1	6,3	11,1	2,3	4,8	

Региональная геология



 $MgO/(FeO + Fe_2O_3) - TiO_2 \mu Al_2O_3 + Na_2O + K_2O - K_2O_3 + Na_2O_3 +$ $MgO/(FeO + Fe_2O_3)$ фигуративные точки химического состава изучаемых пород тяготеют к полю альпикритов (рис. 5, δ , e). Характерные элементы примеси (в среднем) Cr (1153,0 г/т); Ni (332,0 г/т); V (155,0 г/т); Sc (26,5 г/т); Mn (1062,6 г/т) в эксплозивных ультрамафитах соответствуют кимберлитоподобным породам альпикритам и кимпикритам (табл. 4), но отличаются малыми содержаниями Zr (82,0 г/т); Nb (67,7 г/т); Sr (885,0 г/т); Ва (953,0 г/т) и незначительной суммой РЗЭ (660,0 г/т). Значения индикаторных отношений петрогенных компонентов $MgO/(FeO + Fe_2O_3) = 1.9;$ MgO/TiO = 10; $SiO_2/MgO = 2.5$; $K_2O/Na_2O = 4.05$ и элементовпримесей Ni/Ti = 0.05; Ni/V = 2.14; Cr/Ti = 0.17; Ni/Co = 5.9; Cr/V = 5.7 эксплозивных ультрамафитов соответствуют петрохимическим характеристикам альпикритов Сибирской платформы [10]. Но в изучаемых дайковых ультрамафитах отсутствуют индикаторные щелочные минералы альпикритов – мелилит и мончителлит. Таким образом, чтобы, по выражению В. И. Степаненко, не уйти в «петрохимические заблуждения» [17], для формационной типизации флюдэксплозивных пород дайкового комплекса Среднего Тимана необходимо опираться не на петрогеохимические характеристики, а прежде всего, на петрографические черты, их геологическую позицию, петрохимический состав ксеногенного мантийного материала и новообразованных метасоматических минералов.

Проблема формационной типизации карбонатитов Среднего Тимана и ультрамафитов дайкового комплекса остается нерешенной в связи с уникальностью минерального и петрографического составов, петрогеохимических характеристик, геологических особенностей становления магматитов. В соответствии с этим предлагается все геологические объекты, связанные с карбонатитовым магматизмом Среднего Тимана, объединить в карбонатито-щелочную ФЭС, в которой генератором эксплозивной деятельности и метасоматической минерализации послужили карбонатно-щелочные флюиды карбонатитовой магмы.

Выводы. Карбонатитовый магматизм на Среднем Тимане выразился в образовании относительно небольшого штока диаметром около 250 × 400 м. При этом площадь воздействия Na-Ca флюидного потока карбонатитового источника составляет около 3000 м². Результаты воздействия карбонатитовых флюидов проявились в виде метасоматических процессов (фенитизации, флогопитизации и карбонатизации), редкоземельно-редкометалльной минерализации и флюидоэксплозивной деятельности.

Карбонатиты, флюидоэксплозивные ультрамафитовые породы дайкового комплекса и сопутствующие щелочные метасоматиты выделены в качестве единой ФЭС карбонатито-щелочного типа мантийной природы. Вертикальная миграция карбонатитового очага проявилась в неоднократной метасоматической пропитке рифейских сланцев, эксплозивной деятельности и внедрении самого карбонатитового расплава

На первом этапе возникновения карбонатношелочной ФЭС Среднего Тимана в фронтальной части Са-Na флюидного потока по субстрату рифейских сланцев формировались метасоматиты, сложенные кальцитом, альбитом и щелочными темноцветами. На втором этапе из карбонатитового очага из-за резкого падения давления и декомпрессии происходило взрывообразное выделение газов, взламывающих рифейские толщи и их метасоматизированные участки. На третьем этапе в проницаемый дезинтегрированный газами горизонт поступал карбонатитовый расплав, вызывавший флогопитизацию вмещающих пород и ксенолитов. Подобная эволюционная история выявлена и в становлении дайкового комплекса флюидоэксплозивных щелочных ультрамафитов. В предварительно метасоматически переработанную зону в виде дайковых тел внедрялся твердо-газовый флюидизированный мантийный материал, который смешивался со взломанными фрагментами метасоматитов и рифейских метаосадочных пород. Ксеногенный мантийный материал в виде обломков минералов (пироксена, оливина, хромшпинелида) и пород (пироксенитов и горнблендитов) транспортировался флюидным потоком из относительно неглубоких горизонтов мантии. Не исключено, что флюидные восходящие потоки, сформировавшие карбонатитовую магму, могли увлечь и более глубинный мантийный материал. Обломочный материал в эксплозивных дайках цементировался низкотемпературными метасоматическими минералами. На следующем этапе, как и в карбонатитовом штоке, в образовавшейся породе флюидоэксплозивных ультрамафитов формировалась редкоземельно-редкометалльная минерализация за счет поступавшего щелочно-карбонатного гидротермального раствора из остывающего карбонатитового очага. Подобная геологическая ситуация описана в Восточной Канаде, где транспортировщиком эксплозивного щелочного мантийного материала брекчиевых даек послужили флюиды карбонатитовой магмы [22].

Флюидоэксплозивный генезис ультрамафических даек Среднего Тимана повышает потенциальную алмазоносность этих образований. Встречаемость алмазов в мантийных породах исключительно флюидоэксплозивного становления подтверждают алмазоносные кимберлиты и магматиты некимберлитового типа месторождения им. Ломоносова, лампроиты Западной Австралии, лампрофиры Канады, эксплозивные пикриты Китая [21], Восточного Прианабарья и др. [15].

^{1.} Брянчанинова Н. И., Макеев А. Б., Ларионова Ю. О. Sm-Nd изотопная систематика лампрофиров Среднего

Тимана // Новые горизонты в изучении процессов магмо- и рудообразования. – М.: ИГЕМ, 2010. – С. 414–415.

2. Голубева И. И., Филиппов В. Н., Бурцев И. Н. Метасоматические редкоземельная и редкометалльная минерализации в ультрамафитах дайкового комплекса на Среднем Тимане (Поднятие Четласс) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2018). – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2018. – 278 с.

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-39 – Нарьян-Мар. Объясн. записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 393 с.

4. Довжиков Н. А., Довжикова Е. Г., Смыслов С. А. Клинопироксены из щелочно-ультраосновных пород дай-кового комплекса Среднего Тимана // Записки ВМО. – 1985. – Ч. 114, вып. 5. – С. 569–605.

5. Довжикова Е. Г., Бакулина Л. П. Состав и строение ксенокристаллов и глубинных включений в пикритах Четласского камня // Известия Коми НЦ. – 2018. – № 2. – С. 56–63.

6. Евдокимов А. Н., Сироткин А. И., Чебаевский В. С. Позднепалеозойский щелочно-ультраосновной магматизм архипелага Шпицберген // Записки Горного института. — 2013. — Т. 200. — С. 201–209.

7. Ивенсен Ю. П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. – М.; Л.: Наука, 1964. – 126 с.

8. Костюхин М. И., Степаненко В. И. Байкальский магматизм Канино-Тиманского региона. – Л.: Наука, 1987. – 232 с.

9. Ковальчук Н. С., Шумилова Т. Г., Степаненко В. И. Редкоземельная минерализация в карбонатитах Косьюского массива (Средний Тиман) // Записки РМО. –2013. – Т. 142, № 3. – С. 109–132.

10. Лапин А. В., Толстов А. В., Лисицин Д. В. Кимберлиты и конвергентные породы. – М.: ИМГРЭ, 2004. – 224 с.

11. Леснов Ф. П. Редкоземельные элементы в ультрамафитах и мафитовых породах и их минералах. – Новосибирск: Гео, 2007. – 401 с.

12. Макеев А. Б., Лебедев В. А., Брянчанинова Н. И. Магматиты Среднего Тимана. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 348 с.

13. Махлаев Л. В., Пармузин Н. М., Голубева И. И. Минеттовые диатремы Четласского Камня (Средний Тиман) в связи с проблемой алмазоносности // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. – С. 401–403.

14. Расс И. Т. Геохимические особенности карбонатитов – индикатор состава, эволюции и дифференциации мантийных магм // Геохимия. – 1998. – № 2. – С. 137–146.

15. Саблуков С. М., Каминский Ф. М., Саблукова Л. И. Древние алмазоносные изверженные породы некимберлитового типа // Проблемы источников глубинного магматизма и плюмы. – Иркутск, 2005. – С. 116–133.

16. Саблуков С. М. О петрохимических сериях кимберлитовых пород // ДАН СССР. – 1990. – Т. 313, № 4. – С. 935–939.

17. Степаненко В. И. Поздне- и постмагматические изменения щелочных пикритов Среднего Тимана // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2015. – № 7. – С. 1–5.

18. Туговик Г. И. Флюидно-эксплозивные структуры и их рудоносность. – М.: Наука, 1984. – 192 с.

19. Удоратина О. В., Травин А. В. Щелочные пикриты четласского комплекса Среднего Тимана: Ar-Ar данные // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма: Материалы XXX Междунар. конф. – М., 2014. – С. 82–84.

20. Шумилова Т. Г. Изотопный состав углерода и кислорода карбонатов Косьюского массива (Средний Тиман) / Т. Г. Шумилова, Н. С. Ковальчук, А. Н. Мингалев, Н. К. Диваев // Вестник Коми НЦ Ур
О РАН. – 2012. – № 4. – С. 9–13.

21. Щека С. А., Волохин Ю. Г., Карабцов А. А. Первая находка эксплозивных щелочных пикритов в Наданьхада-Алине (КНР) // Докл. РАН. – 2009. – Т. 429, № 3. – С. 383–387.

22. Tischendorf G. True and brittle micas: composition and solid-solution series / G. Tischendorf, H. -J. Förster, B. Gottesmann, M. Rieder // Mineralogical Magazine. – 2007. Vol. 71 (3). – P. 285–320.

23. Lindsley D. N. Pyroxene thermometry // American Mineralogist. – 1983. – Vol. 68, N 5–6. – P. 66–94.

1. Bryanchaninova N. I., Makeev A. B., Larionova Yu. O. Sm-Nd isotope systematics of lamprophyres of Middle Timan. *New horizons in the study of processes of magma and ore forma-tion.* Moscow: IGEM. 2010. Pp. 414–415. (In Russian).

2. Golubeva I. I., Filippov V. N., Burtsev I. N. Metasomatic rare-earth and rare-metal mineralization in ultramafic dyke complex in Middle Timan (Chetlass Rise). *Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkinsky readings – 2018)* Syktyvkar: IG Komi NTS UrO RAN. 2018. 278 p. (In Russian).

3. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Mezenskaya. List Q-39 – Nar'yan-Mar. Ob"yasn. zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Series Mezenskaya. Sheet Q-39 – Naryan-Mar. Explanatory note]. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI 2015. 393 p.

4. Dovzhikov N. A., Dovzhikova E. G., Smyslov S. A. Clinopyroxenes from alkaline-ultrabasic rocks of the dyke complex of Middle Timan. *Zapiski VMO*. 1985. Pt. 114. Iss. 5. Pp. 569 – 605. (In Russian).

5. Dovzhikova E. G., Bakulina L. P. Composition and structure of xenocrystals and deep inclusions in picrites of the Chetlas stone. *Izvestiya Komi NTs.* 2018. No. 2, pp. 56–63. (In Russian).

6. Yevdokimov A. N., Sirotkin A. I., Chebayevskiy V. S. Late Paleozoic alkaline-ultrabasic magmatism of the Svalbard archipelago. *Zapiski Gornogo instituta*. 2013. Vol. 200. Pp. 201–209. (In Russian).

7. Ivensen Yu. P. Magmatizm Timana i poluostrova Kanin [Magmatism of Timan and the Kanin Peninsula]. Moscow; Leningrad: Nauka. 1964. 126 p.

8. Kostyukhin M. I., Stepanenko V. I. Baykal'skiy magmatizm Kanino-Timanskogo regiona [Baikal magmatism of the Kanino-Timan region]. Leningrad: Nauka. 1987. 232 p.

9. Koval'chuk N. S., Shumilova T. G., Stepanenko V. I. Redkozemel'naya mineralizatsiya v karbonatitakh Kos'yuskogo massiva (Sredniy Timan). *Zapiski RMO*. 2013. Vol. 142. No. 3, pp. 109–132. (In Russian).

10. Lapin A. V., Tolstov A. V., Lisitsin D. V. Kimberlity i konvergentnye porody [Kimberlites and convergent rocks]. Moscow: IMGRE. 2004. 224 p.

11. Lesnov F. P. Redkozemel'nye elementy v ul'tramafitakh i mafitovykh porodakh i ikh mineralakh [Rare earth elements in ultramafic and mafic rocks and their minerals]. Novosibirsk: Geo. 2007. 401 p.

12. Makeev A. B., Lebedev V. A., Bryanchaninova N. I. Magmatity Srednego Timana [Magmatites of Middle Timan]. Ekaterinburg: UrO RAN. 2008. 348 p.

13. Makhlayev L. V., Parmuzin N. M., Golubeva I. I. Minett diatremes of the Chetlas Stone (Middle Timan) in connection with the problem of diamond content. *Problems of forecasting, prospecting and studying mineral deposits on the threshold of the 21st century*. Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta. 2003. Pp. 401–403. (In Russian).

14. Rass I. T. Geochemical features of carbonatites – an indicator of the composition, evolution and differentiation of mantle magmas. *Geokhimiya*. 1998. No 2, pp. 137–146. (In Russian).

Региональная геология и металлогения № 80/2019

15. Sablukov S. M., Kaminskiy F. M., Sablukova L. I. Ancient diamondiferous igneous rocks of the non-kimberlite type. *Problems of sources of deep magmatism and plumes*. Irkutsk. 2005. Pp. 116–133. (In Russian).

16. Sablukov S. M. About petrochemical series of kimberlite rocks. *DAN SSSR*. 1990. Vol. 313. No. 4, pp. 935–939. (In Russian).

17. Stepanenko V. I. Late and post-magmatic changes in alkaline picrites of Middle Timan. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN*. 2015. No. 7, pp. 1–5. (In Russian).

 Tugovik G. I. Flyuidno-eksplozivnyye struktury i ikh rudonosnost' [Fluid-explosive structures and their ore content] Moscow: Nauka. 1984. 192 p.
Udoratina O. V., Travin A. V. Alkaline picrites of the

19. Udoratina O. V., Travin A. V. Alkaline picrites of the Chetlas complex of Middle Timan: Ar-Ar data. *Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magnatism: Materials of*

the XXX International Conference. Moscow. 2014. Pp. 82–84. (In Russian).

20. Shumilova T. G. Isotopic composition of carbon and oxygen carbonates of the Kosyu massif (Middle Timan). *Vestnik Komi NTs UrO RAN.* 2012. No. 4, pp. 9–13. (In Russian).

21. Shcheka S. A., Volokhin Yu. G., Karabtsov A. A. The first discovery of explosive alkaline picrites in Nadanhada Alin (China). *Dokl. RAS.* 2009. Vol. 429. No. 3, pp. 383–387. (In Russian).

22. Tischendorf, G. 2007: True and brittle micas: composition and solid-solution series. *In* Tischendorf, G., Förster, H. -J., Gottesmann, B., Rieder, M. (eds.): *Mineralogical Magazine*. 71 (3). 285–320.

23. Lindsley, D. N. 1983: Pyroxene thermometry. *American Mineralogist.* 68. 5–6. 66–94.

Голубева Ирина Игоревна — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотрудник, ИГ Коми НЦ УрО РАН¹. <iigolybeva2@yandex.ru>

Ремизов Дмитрий Николаевич — доктор геол.-минерал. наук, зам. зав. сектора, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <dnr1957@yandex.ru>

Бурцев Игорь Николаевич — канд. геол.-минерал. наук, временно исполняющий обязанности директора, ИГ Коми НЦ УрО РАН¹.
bin19661010@gmail.com>

Филиппов Василий Николаевич - ст. науч. сотрудник, ИГ Коми НЦ УрО РАН¹. <vnfilippov@geo.komisc.ru>

Шуйский Александр Сергеевич – мл. науч. сотрудник, ИГ Коми НЦ УрО РАН¹. <self88@yandex.ru>

Golubeva Irina Igorevna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, IG Komi SC UB RAS¹. <iigolybeva2@yandex.ru>

Remizov Dmitriy Nikolaevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Head of the Sector, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <dnr1957@yandex.ru>

Filippov Vasiliy Nikolaevich – Senior Researcher, IG Komi SC UB RAS¹. <vnfilippov@geo.komisc.ru> *Shuyskiy Alexandr Sergeevich* – Junior Researcher, IG Komi SC UB RAS¹. <self88@yandex.ru>

¹ Институт Геологии Коми НЦ УрО РАН. Ул. Первомайская, д. 54, Сыктывкар, 167982, Россия. Institute of geology Komi UB RAS. 54 Ul. Pervomaiskaia, Syktyvkar, 167982, Russia.

А. С. ИБРАГИМОВ (ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», Узбекистан)

Геолого-гидрогеологические и геохимические факторы скопления микроэлементов в хлоридных рассолах (на примере Бухаро-Каршинского артезианского бассейна)

В статье рассмотрены геолого-гидрогеологические и геохимические факторы, влияющие на скопление микроэлементов (в том числе золота) в хлоридных рассолах Бухаро-Каршинского артезианского бассейна.

Ключевые слова: Бухаро-Каршинский артезианский бассейн, формирование промышленных рассолов, факторы скопления микроэлементов.

A. S. IBRAGIMOV (SE «Institut GIDROINGEO», Uzbekistan)

Geological, hydrogeological and geochemical factors of trace elements accumulation in chloride brines: Case study of the Bukhara-Karshi artesian basin

The paper deals with geological, hydrogeological and geochemical factors affecting the trace elements (including gold) accumulation in chloride brines of the Bukhara-Karshi artesian basin.

Keywords: Bukhara-Karshi artesian basin, economic brine formation, factors of microelements accumulation.

Для цитирования: Ибрагимов А. С. Геолого-гидрогеологические и геохимические факторы скопления микроэлементов в хлоридных рассолах (на примере Бухаро-Каршинского артезианского бассейна) // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 45–49.

Бухаро-Каршинский артезианский бассейн (БКАБ) представляет собой регион наибольшего распространения промышленных вод и изучается с конца 1950-х годов. На схематическом разрезе видно, что в геологическом строении БКАБ принимают участие триасовые, юрские, меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения, залегающие на размытой поверхности палеозойского фундамента с угловым и стратиграфическим несогласием (рисунок).

Российский академик А. В. Сидоренко еще в 70-х годах прошлого столетия отмечал: «В будущем многие минеральные рассолы, как в озерах, лагунах, так и находящиеся на больших глубинах земной коры подземные промышленные воды, станут месторождениями ценнейших химических элементов: лития, рубидия, цезия, бора, стронция, тантала, магния, брома, йода, а также золота и урана. Способы их извлечения будут настолько рентабельны, что рассолы станут такими же источниками полезных ископаемых, как и твердые минеральные концентрации».

В пределах БКАБ отложения юры, представленные всеми тремя отделами и сложенные континентальными, континентально-морскими и лагунными формациями, вскрыты повсеместно. К отложениям юры приурочены промышленные рассолы (йодобромные, литиевые, редкометалльные и др.), которые большей частью распространены в пределах Чарджоуской и частично Бухарской ступеней.

При рассмотрении литологического состава юрских отложений снизу вверх наблюдается четкое подразделение отложений на три толщи – терригенную, карбонатную и соляно-ангидритовую. Описание литологического состава отложений юры приведены в работах П. П. Чуенко (1931), Е. А. Жукова, С. И. Ильина (1937), С. Н. Симакова (1952), Т. А. Сикстель (1955, 1960, 1964), Ю. М. Кузичкина (1958), В. Д. Ильина (1959), А. Г. Бабаева (1959, 1961, 1962, 1963), К. А. Ситириади (1961, 1964), В. И. Троицкого (1958, 1962), Д. С. Ибрагимова (1965, 1983), Т. И. Бурцева и др. (1969), А. С. Хасанова, Л. А. Калабугина, С. А. Бакиева (1975–2016) и др.

Хотя геологическое строение и литологический состав пород водоносных горизонтов БКАБ изучен подробно (изыскания проводятся в течение более 60 лет), вопросы факторов формирования промышленных рассолов остаются дискуссионными до настоящего времени. Действительно, какие факторы влияют на их формирование, наличие и/или скопление многих микрокомпонентов (включая золото) в подземных водах? В настоящее время существуют различные гипотезы, каждая из которых основана на том, какой генетический тип подземной



Геолого-гидрогеохимический разрез Бухаро-Каршинского артезианского бассейна по линии Кульбешкак – Адамташ. Сост. С. А. Бакиев (2012 г.)

натриевые, *10* – хлоридные натриевые, *11* – сульфатно-хлоридные натриевые, натриевое, натиевые магниевые; *12–17* – типы вод по содержанию йода и брома с преиму-щественным распределением (мг/л): *12, 13* – промышленных вод: *12* – бромные (≥ 250), *13* – йодобромные (J ≥ 10, Br ≥ 200), *14–17* – вод со специфическим содержанием – литолого-фациальная характеристика
счаники, 22 – мергель, 23 – известняк,
анным сейсморазведки, 28 – разрывные 4 - слабые рассолы (36–150), 5 - крепкие рассолы (150–320), 6 - весьма крепкие рассолы (320–500); 7–11 - химический состав подземных *П-6* – минерализация подземных вод (г/л): *I* – сильно и умеренно соленые воды (2,5–7), *2* – сильно и весьма сильно соленые воды (7–15), *3* – воды, переходящие от 7 – хлоридные натриево-кальциевые, 8 – сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые, натриево-кальциево-кальциевые, 9 – хлоридно-сульфатные 27 – глубина залегания палеозойского фундамента, по данным сейсморазведки, - песчано-глинистые, 21 - пески, песчаники, 22 – сероводородные (≥ 150). 18–29 йодобромные (J \ge Ì, Br ≥ 25), *17* – глинисто-песчанистые, 20 – пе ee Homep — йодобромные (J ≥ водоупоры, название структуры, нефтегазоразведочная скважина и - региональные водоупорных отложений: 18 – глинистые, 19 – йодные (≥ 1), 15 – бромные (≥ 25), 16 26 - каменная соль, соленых к рассолам (15-36), – ангидрит, гипс, 25 йода и брома: 14 29 водоносных и нарушения, ВОД: 24

воды (инфильтрационный, седиментационный, седиментационно-инфильтрационный или магматогенный) принят за изначальный, из которого образуются рассолы. В определенной степени сторонники каждой из точек зрения правы, так как возможность протекания в природных условиях процессов, обосновываемых указанными гипотезами, не вызывает сомнения.

Для среднеазиатских регионов наиболее распространенным и общепринятым является седиментогенный и седиментогенно-инфильтрационный тип формирования рассолов, которые могут быть приурочены к различным отложениям (терригенным, карбонатным и соленосным). Наиболее типичен разрез артезианских бассейнов, где можно проследить определенную последовательность в накоплении отложений: в низах залегают терригенные образования, на них — согласно — карбонатные, затем галогенная толща солей, выше — глинистые отложения. Такой осадочный цикл характерен для многих рассолоносных гидрогеологических структур (Припятский прогиб, Днепровско-Донецкая, Прикаспийская, Восточно-Кубанская, Амударьинская впадины, Иркутский амфитеатр и др.). В возрастном отношении он может соответствовать той или иной части геолого-стратиграфического разреза, но от этого последовательность отложений не меняется, что указано в работах М. С. Швецова, Н. М. Страхова, В. Д. Наливкина, Л. В. Пустовалова, В. Е. Хаина, В. Белоусова и др.

Анализ предыдущих исследований позволил сделать следующий вывод. Во всех рассолоносных гидрогеологических регионах Узбекистана и сопредельных территорий продолжительное время (мезозой — палеоген) существовали благоприятные условия для формирования и сохранения различного состава и минерализации подземных вод. Инфильтрация в эти периоды была сравнительно кратковременной и малоэффективной в своем влиянии на все более погружающиеся водоносные горизонты. Многочисленные глинистые пласты (достаточно мощные и регионально выдержанные), нисходящие вертикальные движения способствовали увеличению пластовых давлений и температур с глубиной и преобразованию химического состава и минерализации подземных вод, отжиму поровых растворов, сохранению элизионного режима водообмена в разрезе мезозойских отложений. В этих условиях вполне правомерны всевозможные гидрогеохимические процессы на стадиях седиментогенеза, катагенеза и эпигенеза.

В гидрогеологическом отношении БКАБ относится к восточной части сложного Амударьинского артезианского бассейна и выделен как бассейн второго порядка (Б. А. Бедер, 1958; Б. Б. Митгарц, Н. И. Толстихин, 1961). В структурном отношении — это область прогиба, сложенная осадками мезозой-кайнозоя, которые несогласно залегают на доюрском фундаменте.

Геолого-тектоническое строение бассейна благоприятствует образованию и сохранению в отложениях мезозоя высокоминерализованных напорных вод, содержащих повышенные концентрации редких, щелочных и других элементов. История изучения подземных вод мезозойских отложений БКАБ демонстрирует, что существуют различные точки зрения об областях питания и создания напоров юрского и нижнемелового водоносных комплексов и до сих пор по этому вопросу нет единого мнения.

Одна группа исследователей считает, что гидрогеологические условия изучаемых водоносных комплексов определяются влиянием инфильтрационных вод, так как основной областью питания и создания напоров являются юго-западные отроги Гиссарского и Заравшанского хребтов. Увеличение общей минерализации вод и падение пьезометрического напора, а также основное направление потока подземных вод — с юго-востока на северо-запад и запад — послужили основаниями для такого вывода.

Другая группа, основываясь на гидродинамической связи между юрскими и нижнемеловыми водоносными комплексами, проявляющейся в местах отсутствия между ними водоупора, т. е. в зонах тектонических нарушений, предполагает, что гидродинамический режим этих водоносных комплексов формируется под влиянием элизионных процессов. Участки перетока вод из юрского в нижнемеловой комплекс фиксируются как зоны пьезоминимумов для юрского и нижнемелового водоносных комплексов.

С гидрогеологическими и гидрогеохимическими зонами хорошо согласуются гидродинамические зоны напряженности, выделенные и описанные для территории Амударьинского бассейна профессором А. С. Хасановым

(1972, 1976). Доказав связь генетических зон напряженности с редкими элементами, он сделал вывод, что «подземные воды с повышенными содержаниями йода, брома, стронция, рубидия, цезия, селена, теллура, индия, скандия и галлия приурочены в основном к зонам В (геостатического генезиса), Г (геодинамического) и Д (аномального генезиса напряженности) в пределах глубоких структур». За критерий выделения гидродинамических зон принята напряженность водонапорной системы, под которой понимается ее потенциальная энергия, возникающая в результате воздействия внешних и внутренних сил. Это позволило А. С. Хасанову выделить пять основных зон генезиса: гравитационного (А), гидростатического (Б), геостатического (В), геодинамического (неотектонического) (Г) и аномального (Д), каждая из которых характеризуется различными типами подземных вод. В зоне А получили развитие гидрокарбонатные воды атмосферного происхождения с минерализацией до 3 г/л; в зоне Б – преимущественно сульфатные смешанного типа с минерализацией от 3 до 35 г/л; в зонах В, Г и Д – хлоридные с минерализацией более 35 г/л.

Описанный принцип выделения гидродинамических зон напряженности использован при районировании промышленных вод.

Анализируя существующие положения, а также гидродинамические и гидрогеохимические условия юрского и верхнемелового водоносных комплексов БКАБ, можно предположить, что воды рассматриваемых комплексов являются в основном седиментационными при элизионном режиме водообмена.

В гидрогеологическом разрезе БКАБ выделяются несколько водоносных комплексов. Это нижне- и среднеюрский, верхнеюрский, неоком-аптский и альб-сеноманский. Водоносные комплексы отделены друг от друга регионально выдержанными водоупорами: батнижнекелловейский, кимеридж-титонский, нижнеальбский и нижнетуронский водоупоры. Они сложенные мощной (150 до 743 м) соляно-ангидритовой толщей, глинами с редкими прослоями алевролитов и песчаников (мощностью от 50–70 до 100 м).

Рассолы юрского водоносного комплекса находятся в условиях застойного режима с весьма медленным перемещением (В. А. Кудряков, 1960; Б. А. Бедер, 1961; Я. А. Ходжакулиев; 1966; А. С. Хасанов, 1972; Л. А. Калабугин, 1976 и др.), о чем свидетельствуют расчеты, выполненные В. А. Кудряковым и Н. А. Филипповским. По данным первого – скорость движения воды равна 1 мм/год, а по данным второго – 8 см/год (Северный Уртабулак) [1].

В химическом составе подземных вод юрских отложений, приуроченных к нефтяным, газоконденсатным и газовым месторождениям Чарджоуской ступени, выявлена зависимость увеличения микроэлементов с ростом общего органического углерода (C_{opr}). По мнению некоторых исследователей (Ю. А. Богданов и др., 1986; Д. С. Ибрагимов, С. А. Бакиев, 1990), совместное увеличение минерализации и содержания микроэлементов рассолов в подсоленосной толще происходит за счет поступления более крепких рассолов из недр Земли, а надсоленосной — рассолов из толщи юры и межсолевых линз.

Вертикальная миграция флюидов, отраженная в вертикальной гидрохимической зональности при отсутствии значительного горизонтального перемещения рассолов, позволяет предположить, что Амударьинский артезианский бассейн широко открытая книзу водонапорная система с тесной связью всех глубоких и аномальных гидрохимических зон через тектонически ослабленные каналы и зоны растяжения с глубинными источниками, в том числе с подкоровыми явлениями и верхней мантией (М. Г. Гаврилюк, Д. С. Ибрагимов, 1983). Не отжим поровых растворов при диагенезе и не эвапоритовые процессы в позднеюрское время, а неотектоника и связанная с ней вертикальная миграция флюидов из локальных очагов – основной решающий фактор формирования солей и рассолов и связанных с ними высоких концентраций промышленно ценных микрокомпонентов в изучаемом регионе.

О. Е. Звягинцев в монографии «Геохимия золота» (М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1941, 114 с.) отмечал: «На металлическое золото действуют следующие реагенты: хлор, бром, йод, царская водка, кислоты в присутствии окислителей и т. д.». Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что подземные воды, содержащие бром и йод, однозначно участвуют в скоплении микроэлементов (в частности золота) в подземных водах. В химическом составе подземных вод Бухарской и Чарджоуской ступеней часто упоминается наличие высоких концентраций йода (20-30 до 70-100 мг/л) и брома (от 250 до 580 мг/л). Кроме температуры, давления и присутствия органических веществ, они также относятся к геохимическим факторам, способствующим скоплению золота в подземных промышленных водах, так как йод и бром, будучи сильными окислителями, обладают высокими окислительно-восстановительными потенциалами, способствующими выщелачиванию золота из пород водоносного горизонта и нефтяных залежей.

Из литературы, посвященной вопросам геотехнологии, известно, что йод-йодидные растворы способны извлекать золото в концентрациях, близких к традиционно используемым в цианистой технологии. Возможность элементовгалогенидов растворять золото объясняется их способностью к комплексообразованию. Казахстанскими учеными установлено, что йод (как и бром) обладает способностью к образованию анионов с высокой степенью поляризации – так называемых полигалоидных соединений I^{3–}, I^{5–}, которые являются активным началом для процесса интенсификации и полноты выщелачивания золота из минерального сырья [2; 3]. Известно эффективное использование йода в мировой практике: например, для йодидного рафинирования циркония и титана, выщелачивания редкоземельных элементов и др. Также известен опыт использования йода для кучного выщелачивания золота, в том числе с предварительной ультразвуковой обработкой растворителя. Из приведенных примеров и предпосылок отметим, что йод-йодидные и бром-бромидные растворы обладают высоким потенциалом +536 и 1087 мВ соответственно, что способствует дополнительному выщелачиванию микроэлементов из пород.

Изложенные факторы и краткий анализ (геолого-тектонический, гидродинамический и гидрогеохимический) условий формирования и распространения подземных промышленных вод Узбекистана, содержащих золото, позволяют констатировать следующее:

1) Формирование водоносных горизонтов и водосодержащих пород Бухаро-Каршинского артезианского бассейна происходило в различных фациальных условиях — континентальных, морских, лагунных, которые оказали основное влияние на формирование химического состава вод.

2) Высокоминерализованные воды (рассолы) приурочены к образованиям юры и нижнего мела.

3) Повышенные концентрации золота (менее 1,0 мкг/л) в подземных водах отличаются, как правило, региональным распространением. Наиболее высокие концентрации золота отмечены на эксплуатируемых нефтегазовых месторождениях Умид, Крук и приурочены к межструктурным зонам глубоких синклинальных прогибов, так как в них создается наиболее благоприятная геохимическая обстановка для формирования подземных йодо-бромных вод, которые, обладая довольно высоким потенциалом (Ећ йодобромных вод колеблется от 640 до 980 мВ), в свою очередь оказывают существенное влияние на выщелачивание золота из пород отложений юры и мела.

4) Немаловажную роль в скоплении золота в подземных водах играет наличие водно-растворенных органических (ВРОВ), с которыми золото образует так называемое органогенное золото.

5) Наличие в промышленных подземных водах высоких концентраций микроэлементов (и в частности золота) связано с поступлением по глубинным разломам высококонцентрированных, термальных флюидов во время активизации тектонических процессов (юрский и неоген-четвертичные периоды).

6) На формирование и сохранение высоких концентраций микроэлементов и золота в подземных промышленных водах верхнеюрского водоносного комплекса (J₃XV-ПР, J₃XV-Р, J₃XV-НР горизонты) влияло наличие в геологическом разрезе БКАБ мощной соленосной толщи (J₃kmtit), играющей роль водоупора.

1. Бакиев С. А. Промышленные воды Узбекистана и перспективы их использования. – Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2012. – 140 с.

2. Байконурова А. О. Выбор нетоксичных растворителей для выщелачивания золота из золотосодержащего сырья / А. О. Байконурова, С. С. Коныратбекова, Р. Т. Дүсіп, Ж. Куантай // Промышленность Казахстана. – 2014. – № 1 (82). – С. 90–92.

3. Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования // Основные проблемы в учении о магмотогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 125–279.

1. Bakiev S. A. Promyshlennye vody Uzbekistana i perspektivy ikh ispol'zovaniya [Industrial waters of Uzbekistan and prospects for their use]. Tashkent: GP «Institut GIDROINGEO». 2012. 140 p.

2. Baykonurova A. O., Konyratbekova S. S., Dysip R. T., Kuantay Zh. Vybor netoksichnykh rastvoriteley dlya vyshchelachivaniya zolota iz zolotosoderzhashchego syr'ya. *Promyshlennost' Kazakhstana*. 2014. No. 1 (82), pp. 90–92. (In Russian).

3. Betekhtin A. G. Hydrothermal solutions, their nature and processes of ore formation. *The main problems in the study of magmatogenic ore deposits*. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. 1955. Pp. 125–279. (In Russian).

Ибрагимов Азиз Сабирович — зав. лабораторией. Институт гидрогеологии и инженерной геологии (ГП «Институт ГИДРОИНГЕО»). Ул. Олимлар, 64, Ташкент, 700041, Узбекистан.

Ibragimov Aziz Sabirovich – Head of Laboratory. Institute of Hydrogeology and Engineering Geology (SE «Institute GIDROINGEO»). 64 Ul. Olimlar, Tashkent, 700041, Uzbekistan.

УДК 550.8:528:553.411'43.044(571.6)

О. В. ПЕТРОВ (ВСЕГЕИ), Е. А. КИСЕЛЁВ (Роснедра), В. И. ШПИКЕРМАН, Ю. П. ЗМИЕВСКИЙ (ВСЕГЕИ)

Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирового типа в вулкано-плутонических поясах восточных районов России по результатам работ составления листов Госгеолкарты-1000/3

Вулкано-плутонические пояса восточных районов России — естественный элемент Тихоокеанского складчатого обрамления, с которым связаны крупнейшие месторождения медно-порфирового семейства. Выявленные в последние годы на востоке России весьма крупные месторождения Малмыж и Песчанка дают основание высоко оценивать перспективы региона в отношении медно-порфирового оруденения. На основе анализа региональных и локальных факторов контроля золото-медно-порфирового оруденения в районах локализации этих эталонных месторождений дается оценка перспектив вулкано-плутонических поясов восточных районов России на данный тип оруденения. Подчеркивается, что, наряду с характером собственного магматизма вулкано-плутонических поясов, важную роль в размещении месторождений различных типов медно-порфирового семейства играет состав и природа того субстрата, на который наложены эти пояса. Даны рекомендации по постановке поисковых и среднемасштабных региональных работ для выявления золото-медно-порфировых месторождений.

Ключевые слова: вулкано-плутонический пояс, золото-медно-порфировый тип месторождений, прогноз месторождений, Госгеолкарта-1000/3, месторождения Малмыж и Песчанка, Дальний Восток России.

O. V. PETROV (VSEGEI), E. A. KISELEV (Rosnedra), V. I. SHPIKERMAN, YU. P. ZMIEVSKIY (VSEGEI)

Anticipating the distribution of gold-copper-porphyry-type deposits in volcanic-plutonic belts of Russia's eastern regions based on results of compiling sheets of the State Geological Map-1000/3

Volcanic-plutonic belts in eastern Russia are a natural element of the Pacific folded frame, with which the largest copper-porphyry deposits are associated. Rather large Malmyzh and Peschanka deposits discovered in recent years in the Russian Far East give ground for high assessment of region's prospects for copper-porphyry mineralization. Based on the analysis of regional and local factors of control of gold-copper-porphyry mineralization in areas of location of these reference deposits, the prospects of volcanic-plutonic belts of Russia's eastern regions for this type of mineralization are estimated. It is emphasized that, along with the nature of intrinsic magmatism of the volcanic-plutonic belts, the composition and nature of the substrate on which these belts are superimposed are of importance in the distribution of copper-porphyry deposits of various types. Recommendations are given on the organization of exploratory and medium-scale regional works to discover gold-copper-porphyry deposits.

Keywords: volcanic-plutonic belt, gold-copper-porphyry type of deposits, prediction of mineral deposits, State Geological Map-1000/3, deposits Malmyzh and Peschanka, Russian Far East.

Для цитирования: Петров О. В. Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирового типа в вулкано-плутонических поясах восточных районов России по результатам работ составления листов Госгеолкарты-1000/3 / О. В. Петров, Е. А. Киселёв, В. И. Шпикерман, Ю. П. Змиевский // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 50–74.

Введение. На примере открытия золото-меднопорфирового месторождения Малмыж в своей предыдущей статье [41] авторы продемонстрировали высокую эффективность региональных геологосъемочных работ по созданию Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения (Госгеолкарты-1000/3 – ГК-1000/3). В 2003 г. рекомендация по постановке поисковых работ на участке Малмыж дана ВСЕГЕИ при составлении листа М-53 ГК-1000/3 и в том же году направлена в Минприроды России [41]. Как наиболее перспективные в отношении золото-медно-порфировых месторождений в статье рассматривались разновозрастные вулкано-плутонические пояса (ВПП) восточных районов России (рис. 1). В год подачи рекомендации ВСЕГЕИ на объект Малмыж программа по созданию ГК-1000/3 только начиналась. В настоящее время программа близка к завершению и авторы имеют возможность дать более общий анализ



Рис. 1. Карта размещения объектов золото-медно-порфирового типа в вулкано-плутонических поясах Дальнего Востока России

1-4 – вулкано-плутонические пояса: 1 – альб-палеоценовые (ВСАВПП – Восточно-Сихотэ-Алинский, ОЧВПП – Охотско-Чукотский, ДОВПП – Джахтардах-Олойский), 2 – позднеюрские – раннемеловые (ОЛВПП – Олойский, УДВП – Удской вулканический, УОВПП – Умлекано-Огонджинский, УЯВПП – Уяндино-Ясачненский, УМВПП – Удско-Мургальский), 3 – девонский (ОМВП – Омолонский вулканический), 4 – ордовикский (РСВП – Рассошинский вулканический); 5 – основные золото-медно-порфировые и золотосодержащие молибден-медно-порфировые месторождения (a) и рудопроявления (b); b – 12 – субстрат вулкано-плутонических поясов: b – платформенный чехол, 7 – древние щиты платформ, кратонные террейны с дорифейским фундаментом, срединные массивы), b – карбонатно-шельфовые литодинамические комплексы пассивных континентальных окраин (в том числе террейны), 10 – тур-бидитовые комплексы, 11 – вулканогенно-кремнисто-терригенные образования призм, 12 – осадочно-вулканогенные комплексы законческих и островодужных террейнов и сутурные зоны с офиолитами; 13, 14 – контуры листов ГК-1000/3: 13 – составление комплектов закончено, 14 – в работе

и прогноз размещения золото-медно-порфировых месторождений в ВПП Востока России.

Золото-медно-порфировые рудные объекты входят в состав семейства медно-порфировых месторождений, все члены которого связаны главным образом с порфировыми интрузиями, чей состав варьирует от лейкогранитов до монцонитов. Месторождения этого семейства широко распространены по всему миру, однако основная их часть размещается в мезозойских и кайнозойских ВПП восточного и юго-западного обрамлений Тихого океана (Аляска, Северо-Американские Кордильеры, Центральная Америка, Южноамериканские Анды, Новая Зеландия, Индонезия, Папуа Новая Гвинея, Филиппины). Это кольцо до последнего времени было разорвано в северо-западной части Тихоокеанского обрамления. Лишь в последнее десятилетие здесь началось освоение крупных медно-порфировых месторождений. Два объекта в ВПП Дальнего Востока России – Малмыж и Песчанка – были оценены Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) как объекты золото-медно-порфирового типа с запасами меди и золота, отвечающими весьма крупным месторождениям.

Опоясывающее Тихий океан кольцо из весьма крупных медно-порфировых месторождений указывает на то, что главный глобальный геотектонический фактор их размещения – структуры границ конвергенции литосферных плит – островодужные и окраинно-континентальные надсубдукционые ВПП и ВПП границ скольжения литосферных плит (трансформные границы по [46]). Восточные районы России – совершенно естественный элемент Тихоокеанского кольца. Здесь присутствуют крупные ВПП всех этих типов. Возраст большинства из них также мезозойский и кайнозойский. Имеются пояса и более древнего (палеозойского) возраста. Все это дает основание считать, что упомянутые месторождения Песчанка и Малмыж далеко не исчерпывают потенциал медно-порфировых месторождений этого региона. Анализ особенностей размещения и строения этих эталонных месторождений позволяет определить региональные и локальные прогнозно-поисковые факторы этого, пока еще нетрадиционного для Дальнего Востока, типа оруденения.

После открытия месторождения Малмыж резко возрос интерес к прогнозу подобных месторождений, в первую очередь на юге Дальнего Востока России. В недавно опубликованной статье специалистов ЦНИГРИ [37] обсуждается вопрос прогнозно-металлогенического районирования на медно-порфировое оруденение южной части региона. Авторы статьи предлагают районировать территорию на этот тип оруденения, исходя в основном из особенностей собственно ВПП. Такой подход позволяет оценивать возможности обнаружения медно-порфировых рудно-магматических систем в целом для медно-порфирового семейства без дифференциации их по рудно-геохимическому типу. Наш анализ региона, основанный на изучении всего комплекса его геологических особенностей методами геологического картографирования и региональных прогнозно-минерагенических исследований, позволяет обладать более объемным видением прогнозных факторов. В частности, золотоносные медно-порфировые системы в значительной степени определяются характером и природой субстрата ВПП.

В семейство медно-порфировых месторождений, кроме золото-медно-порфирового типа, входят собственно медно-порфировый, молибден-медно-порфировый, медно-молибден-порфировый и молибден-порфировый типы [30]. Общегеологические, магматические, геохимические и др. критерии выделения этих типов довольно детально разработаны отечественными и зарубежными геологами [29; 58; 59]. Они будут использованы и учтены в настоящей работе на материалах геолого-минерагенических исследований при создании листов ГК-1000/3. Меднопорфировые месторождения — это плутоногенные гидротермальные руды, поэтому основной критерий их типизации, наряду с составом, — связь с магматизмом и субстратом рудоносных магматических образований. В настоящее время используются в основном четыре геолого-генетические модели медно-порфирового оруденения:

1. Собственно медно-порфировый и золотомедно-порфировый типы описываются диоритовой моделью В. Холистера [56]. Это месторождения, образующиеся в связи с небольшими интрузиями диоритового состава в развитых островных дугах. Магматические породы принадлежат к известково-щелочной или толеитовой сериям.

2. Для молибден-медно-порфирового типа в наибольшей степени применима гранодиоритовая модель А. И. Кривцова и др. [30]. К ней относятся месторождения, образующиеся в андезитоидных окраинно-континентальных ВПП, наложенных на более ранние островодужные и океанические комплексы. Магматизм известково-щелочной.

3. Медно-молибден-порфировый тип характеризуется монцонитовой моделью Дж. Ловелла и Дж. Джелберта [57], включающей месторождения андезитоидных ВПП, наложенных на комплексы пассивной континентальной окраины. Оруденение ассоциирует с порфировыми интрузиями кварцевых монцонитов. Характер магматизма в основном известково-щелочной.

4. Молибден-порфировые месторождения А. И. Кривцов и др. [30] относят к гранитной модели. Месторождения ассоциируют с гранитоидными зонами, наложенными на кратоны и кратонные террейны.

Названия указанных моделей даны по преобладающему составу магматических пород рудно-магматических систем медно-порфирового оруденения. Однако только этой характеристики для прогноза золото-медно-порфирового оруденения недостаточно. Диоритовых интрузий в конвергентных ВПП множество, но далеко не в каждой присутствуют месторождения рассматриваемого типа. Кроме того, в мировой практике известны существенные отклонения состава руд от указанных типовых рудно-магматических систем, поэтому важное значение имеет вторая составляющая этих моделей, а именно субстрат, на который накладываются ВПП. Характер субстрата с наложенными рудоносными ВПП Дальнего Востока России показан на рис. 1 различной цветной штриховкой.

С целью прогнозирования важно подробно остановиться на факторах размещения и локализации эталонных для Дальнего Востока России месторождений — Малмыж и Песчанка.

Месторождение Малмыж. Находится в южной части Хабаровского края, в нижнем течении р. Амур. Приурочено к небольшим массивам и дайкам кварцевых диоритов, диорит-порфиритов и гранодиорит-порфиров позднемелового возраста, прорывающих терригенные породы нижнего мела. В последнее время появились основанные на современных изотопно-геохронометрических данных сведения о наличии на месторождении Малмыж магматических образований не только позднемелового, но и раннемелового возрастов [7; 47]. Интенсивно проявлены характерные для медно-порфировых систем метасоматиты: калиевые, кварц-хлоритовые, кварц-серицитовые, пропилиты. Весьма широко распространены на Малмыжском рудном поле вторичные кварциты, штокверки кварцевых прожилков, кварц-магнетитовые жилы, ареалы пиритизации. Все эти факторы, наряду с прямыми поисковыми признаками (геохимические аномалии меди в потоках рассеяния, медная и золоторудная минерализация и др.), позволили авторам в 2003 г., в рамках региональных работ по составлению листа М-53 ГК-1000/3, типизировать участок Малмыж как потенциальное крупнообъемное месторождение золото-меднопорфирового типа (рис. 2, А) и рекомендовать его для проведения поисковых работ первой очереди. Проведенные на объекте в 2006–2015 гг. поисковые и разведочные работы полностью подтвердили этот прогноз (рис. 2, Б). В апреле 2015 г. в ГКЗ Роснедра были утверждены запасы меди и золота (по категориям C₁ + C₂): руды - 1,39 млрд т; меди - 5,6 млн т при среднем содержании -0,41%; золота – 298 т при среднем содержании – 0,21 г/т. Разведка месторождения и его флангов продолжается, перспективы прироста запасов значительны. Месторождение в настоящее время всесторонне изучено с использованием современных технологий и аналитических методов [4-6; 8:48:601.

По своим характеристикам Малмыжская рудно-магматическая система соответствует диоритовой модели В. Холистера [56].

Выявлению факторов и палеогеодинамических обстановок, контролирующих размещение золото-медно-порфировых объектов типа месторождения Малмыж, послужили материалы листов ГК-1000/3, которыми охвачена исследуемая территория, и результаты более ранних авторских работ по структурно-формационному районированию Дальневосточного региона и созданию серийных легенд в исследованиях Г. В. Роганова, А. Ф. Васькина и др. (2003 и 2008 г.). Рассмотрены многочисленные публикации, посвященные геодинамическим реконструкциям [35; 38-40; 46; 47]. Использовались материалы предшествующих публикаций авторов [22; 23; 41], результаты построений глубинного геолого-геофизического профиля Чегдомын -Гасси – Совгавань, пересекающего в северозападном направлении основные структуры региона (Ю. П. Змиевский и др., 1992, 1998), рекомендация по постановке поисковых работ на участке Малмыж, перспективном на золото-медно-порфировое оруденение (Ю. П. Змиевский, В. И. Шпикерман и др., 2003).

Региональным фактором размешения месторождения Малмыж является его положение в перивулканической области Восточно-Сихотэ-Алинского ВПП (ВСАВПП) в тыловодужной зоне малых порфировых интрузий, в узле ее пересечения поперечным глубинным расколом трансформного типа. По мнению О. В. Мининой с соавторами [37], месторождение размещается в области влияния ранне-позднемелового Западно-Сихотэ-Алинского ВПП. Нами эти ранне-позднемеловые вулкано-плутонические ассоциации рассматриваются в составе Западной структурно-формационной зоны Сихотэ-Алинской складчатой системы (рис. 3). Субстрат этой части перивулканической области гетерогенен. В результате анализа геологического строения региона в пределах Сихотэ-Алинского сегмента нами выделены следующие структурные элементы, отражающие различные тектонические и палеогеодинамические обстановки (рис. 3):

1. Буреинский срединный массив – структура ранней консолидации, представляющая фрагмент (блок) крупного Бурея-Цзямусы-Ханкайского композитного массива [28; 55], или, по современным представлениям, одноименного супертеррейна, образованного разновозрастными аккреционными комплексами [35; 46; 47]. Подвержен многоэтапной (MZ–KZ) тектоно-магматической активизации, сопряженной с более поздними этапами развития складчатого обрамления.

2. Баджало-Сулукская структурно-формационная зона включает РZ-MZ аккреционные комплексы с ореолами метаморфо-метасоматических преобразований (купольные структуры) в связи с гранитоидными батолитами, с широко развитой сетью сдвиговых и надвиговых перемещений. Сформировалась в результате аккреции океанических осадков и мелких блоков – континентальных отторженцев.

3. Восточная и Центральная структурно-формационные зоны Сихотэ-Алинской складчатой системы состоят из сложного ансамбля аккреционно-обдукционных (T₃-K₂) комплексов и блоков более ранних образований. В совокупности данные комплексы представляют фронтальную часть энсиалической палеоостроводужной системы (MZ-P), выходящей на дневную поверхность среди надсубдукционных вулкано-плутонических комплексов ВСАВПП.

4. Западная структурно-формационная зона Сихотэ-Алинской складчатой системы с подзонами Горинской и Приамурской слагают область, сформировавшуюся в результате закрытия и аккреции осадков (J_3-K_2) задугового окраинно-морского спредингового бассейна между Буреинско-Сулукской аккреционной призмой и Сихотэ-Алинской островодужной системой. Зарождение спредингового бассейна произошло в условиях возникшей дивергентной обстановки,





Рис. 3. Тектоническая схема Нижнего Приамурья (юг Хабаровского края)

1 – Буреинский срединный массив (Б); 2 – Амуро-Охотская складчатая система (АО); 3–9 – структурно-формационные зоны (СФЗ) и подзоны Сихотэ-Алинской складчатой системы (СА): 3 – Баджало-Сулукская СФЗ (БС),
4, 5 – Западно-Сихотэ-Алинская СФЗ с подзонами: 4 – Горинской (Г), 5 – Приамурской (П), 6 – Центральная СФЗ (Ц), 7–9 – Восточно-Сихотэ-Алинская СФЗ с подзонами: 7 – Лужкинской (Л), 8 – Тумнинской (Т), 9 – Кемской (К); 10, 11 – Восточно-Сихотэ-Алинский вулкано-плутонический пояс: 10 – Западная вулканическая зона (ЗВ),
11 – Восточная вулканическая зона (ВВ); 12, 13 – кайнозойские структуры (КZ): 12 – рифтогенные впадины, 13 – поля базальтов; 14 – Кисилёвско-Маноминская сутурная зона (КМ); 15–18 – профилирующие литодинамические комплексы тектонических элементов: 15 – турбидиты, 16 – аккреционные призмы, 17 – осадочно-вулканогенные океанические и остороводужные, 18 – наземных вулканических дуг; 19–21 – разрывные нарушения: 19 – Центрально-Сихотэ-Алинский сдвиг (ЦР), 20 – надвиги, 21 – поперечные зоны разломов трансформного типа; 22, 23 – основные объекты золото-медно-порфирового типа: 22 – месторождение, 23 – рудопроявления

←

Рис. 2. Месторождение Малмыж. Сопоставление схемы прогноза месторождения и результатов разведки

А – схема прогноза золото-медно-порфирового месторождения, составленная в рамках работ по подготовке листа М-53 ГК-1000/3 в 2003 г. (Ю. П. Змиевский, В. И. Шпикерман и др., 2003) по материалам Г. Е. Усанова (1961), А. Д. Колчиной, О. И. Тухаса (1970, 1972), В. С. Чернявского (1977);

B – результаты разведки месторождения Малмыж в 2017 г. ООО «Амур Минералс» компании IG Copper (IGC) (http://igcopper.net/wp-content/uploads/2017/05/Malmyzh-resources.jpg).

1 – аллювиальные, озерные, делювиально-пролювиальные отложения; 2 – конгломераты, песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, их ритмичное переслаивание; туфы, туффиты (горнопротокская свита нижнего мела); 3-6 – меловые магматические образования: 3 – гранодиорит-порфиры; гранодиориты, 4 – кварцевые диориты порфировидные, 5 – кварцевые диоритовые порфириты, 6 – диоритовые порфириты; 7 – роговики и ороговикованные породы; 8 – критерии прогнозирования Au-Cu-порфирового оруденения, метасоматиты: существенно кварцевые (a), кварц-хлоритовые (b), полевошпат-кварц-биотитовые (e); 9 – вторичные кварциты: серицитовые и диаспор-серицитовые (a), кварц-хлоритовые (b), полевошпат-кварц-биотитовые (e); 9 – вторичные кварциты: серицитовые и диаспор-серицитовые (a), те же по интрузивным породам (b), гидрослюдистые и алунит-диккит-диаспоровые зоны; 12 – ареалы пиритизации; 13 – штуфные пробы с содержаниями меди более 0,1 % (a) и золота более 3 г/т (b); 14 – аномальные потоки рассеяния меди; 15 – контур прогнозного объекта Малмыж; 16 – разрывные нарушения: достоверные (a), предполагаемые (b); 18 – условные границы между фациальными разновидностями пород

приведшей к отторжению и перемещению в восточном направлении континентального блока (Сихотэ-Алинской энсиалической островной дуги). Рассматриваемая Западная СФЗ представляет собой тыловодужную зону, в пределах которой выделены: а) тыловодужный пояс малых порфировых интрузий (K₁₋₂) и б) тыловодужный пояс гранитоидных батолитов (K₂). Первый проявлен в Приамурской подзоне, второй — в Горинской, во внешней части ВСАВПП.

В пределах Приамурской подзоны выделяется Киселёвско-Маноминская сутура, фиксирующая закрытие спредингового окраинного моря.

5. Центральный Сихотэ-Алинский разлом – левый сдвиг соскладчато-постскладчатого типа (проявлен в складчатом этаже, хорошо дешифрируется в геофизических полях) нарушает сплошность вышеописанных структурных элементов (отображает скользящий этап взаимодействия плит и по существу может рассматриваться в качестве трансформного).

Выделенные складчатые структуры простираются в северо-восточном направлении и разбиты на блоки (сегменты) ортогональной системой глубинных расколов трансформного типа, которые отчетливо проявлены в геофизических полях и фрагментарно фиксируются на поверхности в складчатом комплексе.

Месторождение Малмыж размещается в пределах Приамурской подзоны Западно-Сихотэ-Алинской структурно-формационной зоны (3CACΦ3), представленной аккреционным комплексом. Выходы меланократового основания зоны вскрыты в Киселёвско-Маноминской шовной зоне и устанавливаются по геолого-геофизическим данным на глубине. Киселёвско-Маноминская шовная зона фиксирует закрытие позднеюрского-мелового спредингового окраинного моря. Публикуемые данные [10; 24] подтверждают существование в ее составе не только океанических базальтоидов спрединговой зоны, но и островодужных комплексов энсиматического типа. Одновременно месторождение контролируется поперечной палеотрансформной Болонь-Амгуньской зоной. Продуктивен на оруденение позднемеловой нижнеамурский интрузивный комплекс, образующий пояс малых интрузий тыловой зоны, сменяющийся к западу поясом тыловодужных гранитоидных батолитов того же комплекса с более широким спектром рудных формаций, включая золото-молибден-медно-порфировую.

Руководствуясь суммой критериев, систематизированных в известном обобщении [29; 30], и на основе имеющихся материалов по месторождению Малмыж (Ю. П. Змиевский, В. И. Шпикерман и др., 2003) как эталонного объекта, нами выделены следующие основные *локальные* признаки золото-медно-порфирового оруденения на рассматриваемой территории:

 пространственная и парагенетическая связь
проявлениями малообъемного магматизма – выходами интрузивных тел площадью от 0,5 до 2,0 км² среди меловых терригенных отложений валанжина, апт-альба;

ассоциация с порфировыми, порфировидными разновидностями, преимущественно кварц-диоритового, гранодиоритового составов и с гипабиссальными монцодиоритами монцогаббро, указывающими на глубинность происхождения исходных магм;

 проявление гидротермально-метасоматических изменений с типичной для прогнозируемого типа оруденения зональностью от центра к периферии: калиевые метасоматиты → вторичные кварциты → кварц-серицитовые метасоматиты → пропилиты;

– наличие вторичных аномалий золота, меди, серебра, свинца и цинка, в размещении которых отмечается характерная зональность: Cu, Au, $Ag \rightarrow Au, Ag \rightarrow Zn, Pb;$

 приуроченность к локальным положительным магнитным аномалиям;

 приуроченность к разноориентированным разломам;

 широкое распространение ареалов пиритизации;

 присутствие магнетита, а в зонах окисления – гематита, малахита и самородных меди и золота.

Месторождение Песчанка (Анюйское) расположено в Билибинском районе Чукотского АО и приурочено к восточной части Егдыгкычского габбро-монцонит-сиенитового плутона. Локализуется в субмеридиональном дайкообразном теле кварцевых монцонит-порфиров, залегающем среди равномернозернистых кварцевых сиенитов и кварцевых монцонитов основной (второй) фазы плутона. Тело порфировых пород по восстанию разломами расщепляется на ряд фрагментов, вследствие чего на дневной поверхности оно представлено тремя вытянутыми в мерилиональном направлении штоками. Рудная минерализация окружена ореолом биотиткалишпатовых метасоматитов на фоне обширной пропилитизации.

Меденосный штокверк целиком охватывает тело порфировых пород, повторяя его конфигурацию и частично захватывая окружающие породы. Состоит штокверк из кварцевых и кварцсульфидных прожилков, общий объем которых достигает 10 % и более. Основные рудные минералы: борнит, халькопирит, пирит, молибденит, блеклые руды. Руды золотоносны.

Запасы месторождения Песчанка категорий $C_1 + C_2$, утвержденные в ГКЗ РФ, и прогнозные ресурсы кат. P_1 месторождения Песчанка на 1 января 2012 г. при бортовом содержании условной меди 0,4 % суммарно составили: руды – 960,11 млн т, меди – 6,68 млн т, молибдена – 177,35 тыс. т, золота – 378,11 т, серебра – 3497 т при средних содержаниях меди – 0,54–0,76 %, молибдена – 0,013–0,02 %, золота – 0,27–0,45 г/т, серебра – 2,97–4,06 г/т. Балансовые запасы месторождения на 01.01.2012 насчитывают: золото категорий C_1 – 178,6 т (при среднем содержании – 0,57 г/т) и C_2 – 55,2 т; медь C_1 – 2,606 млн т

и $C_2 - 1,125$ млн т; серебро $C_1 - 1451$ т (4,6 г/т) и $C_2 - 551$ т [49; 50].

Месторождение Песчанка вместе с месторождениями-сателлитами — молибден-медно-порфировым Находка и эпитермальным золото-серебряным Весеннее образуют Баимский рудный район (рис. 4). В настоящее время проводятся геологоразведочные работы на всех объектах этого района: Песчанка, Находка, Весеннее и др. [50]. Региональными факторами развития золото-медно-порфирового оруденения Баимского района являются:

1. Ассоциация с Олойским ВПП позднеюрского — раннемелового возрастов. Пояс характеризуется наличием нескольких морских вулканогенных прогибов преимущественно северо-западного простирания. Пространства между прогибами сложены палеозойскими и нижнемезозойскими отложениями субстрата, пронизанными субвулканическими телами и интрузивами. Слагающие пояс структурно-вещественные комплексы и общая магматическая зональность позволяют интерпретировать большую его часть как энсиматическую островную вулканическую дугу [38].

2. Связь оруденения с берриас-валанжинскими гипабиссальным гранодиорит-диоритовым и плутоническим габбро-монцонит-сиенитовым комплексами [26; 50].

3. Субстрат Олойского пояса, наложенного на структуры Хетачанского террейна, сложенного эпиокеаническим аккреционным комплексом, в составе которого кремнистые породы океанических и островодужных базальтов, андезиты, риолиты, габброиды девонско-раннеюрского возраста [52]. Океанические ультрабазиты обнажаются на поверхности (Алучинский массив) и устанавливаются по геофизического профиля 2-ДВ.

4. Региональный правый сдвиг северо-западного простирания, определяющий структуру рудоносных штокверков [49; 54].

Локальные рудоконтролирующие факторы Баимского района:

 приуроченность крупнообъемного оруденения к порфировой фазе массивов егдыгкычского габбро-монцонит-сиенитового комплекса;

 – золото-серебряные и второстепенные медно-порфировые проявления приурочены к малым интрузиям весеннинского гранодиорит-диоритового комплекса;

– проявление гидротермально-метасоматических изменений с характерной для наиболее продуктивного оруденения зональностью от центра к периферии: кварцевое ядро – калишпат-биотитовая зона – кварц-серицитовая зона (филлизиты) – пропилиты, при этом промышленное оруденение развито между кварцевыми ядрами и пропилитами, то есть в области развития калиевого метасоматоза [25];

 золото-серебряное оруденение сопровождается адуляризацией, гидрослюдизацией,



Рис. 4. Схема размещения оруденения Баимского рудного района [52] с добавлениями

1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – позднемеловые андезидациты; 3 - нижнемеловые континентальные отложения: песчаники, алевролиты с прослоями гравелитов, конгломератов, углей; 4 – верхнеюрские, преимущественно морские отложения: алевролиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, туфы и лавы различного состава; 5-7 - позднеюрские - раннемеловые субвулканические и интрузивные породы: 5 – диорит-порфириты и гранодиорит-порфиры весеннинского комплекса, трахидациты, трахириолиты, трахиандезиты, 6 - кварцевые сиениты, граносиенит-порфиры, кварцевые монцониты, монцонит-порфиры егдыгкычского комплекса, 7 – габбро, сиенито-диориты, габбро-монцониты егдыгкычского комплекса; 8 – крупные разломы; 9, 10 – рудоносные зоны: 9 - с медными и молибден-медными рудами, 10 - с золото-серебряными рудами

окварцеванием, родохрозитизацией и сульфидизацией, проявленных на фоне пропилитизации (В. С. Шаповалов, 1985) [52];

 весь объем измененных пород вокруг промышленного золото-медно-порфирового оруденения охвачен пиритизацией;

 наличие вторичных геохимических аномалий меди, молибдена, золота;

промышленные россыпи самородного золота;

 присутствие магнетита, а в зоне окисления вторичных минералов меди.

Оруденение Баимского района не может быть однозначно сопоставлено с какой-либо из описанных моделей. Высокие концентрации в рудах золота и островодужная природа ВПП позволяют сопоставлять его с лиоритовой моделью, однако умереннощелочной характер главного рудоносного магматического комплекса (габбро-монцонитсиенитового) и значимая роль молибдена в рудах сопоставляются с монцонитовой моделью. Для регионального прогноза важное значение имеет фактор формирования золото-медно-порфирового оруденения в завершающую стадию развития ВПП на меланократовом эпиокеаническом (ультрамафит-базитовом) субстрате, состоящем из фрагментов океанических островных дуг и океанической коры.

На основе установленных для наиболее представительных золото-медно-порфировых месторождений Дальнего Востока России факторов регионального и локального рудоконтроля проанализируем перспективы ВПП региона в отношении этого типа оруденения. Региональный фактор связи золото-медно-порфировых месторождений с окраинно-континентальными ВПП, наложенными на меланократовое эпиокеаническое основание, и с собственно островодужными (базальтоидными) поясами позволяет выделить крупные таксоны вероятного развития такого типа оруденения – потенциальные минерагенические зоны. Локальные критерии использованы нами для прогноза перспективных площадей в ранге потенциальных рудных узлов и рудных полей. Анализ и прогноз перспективных территорий ниже проводится по каждому поясу.

Восточно-Сихотэ-Алинский ВПП развит в обрамлении Дальневосточной континентальной окраины от правобережья р. Уда до южного окончания Сихотэ-Алиня. В виде непрерывной полосы вулкано-плутонические образования пояса прослеживаются вдоль береговой линии материка от приустьевой части р. Амур до г. Находка, образуя Восточно-Сихотэ-Алинскую зону протяженностью около 1000 км и шириной от 10 до 50-60 км. К западу от нее, в пределах складчатых образований, отмечаются изолированные поля развития меловых вулканитов и плутонических пород, образующие иногда самостоятельные зоны, в частности Западно-Сихотэ-Алинскую, распространяющуюся параллельно Восточно-Сихотэ-Алинской, и расширяющие область развития ВСАВПП в виде перивулканической зоны, в пределах которой и выявлено месторождение Малмыж (рис. 1).

Особенно детально нами проанализирована территория, включающая северную часть ВСАВПП и его перивулканического обрамления (рис. 3), вмещающего месторождение Малмыж. Этот сегмент охватывает территорию юга Хабаровского края и представляется наиболее перспективным на выявление собственно золотомедно-порфирового оруденения. По определенным для месторождения Малмыж региональным критериям наиболее перспективная структура на данный тип оруденения — Приамурская подзона Западно-Сихотэ-Алинской СФЗ (рис. 5). Именно в этой подзоне были сосредоточены исследования по локальному прогнозу — выделению перспективных проявлений и участков на основе установленных локальных критериев.

В анализ вовлечены результаты ГК-1000/3, которыми покрыта вся рассматриваемая территория (листы L-53, M-53, M-54), материалы проведенных здесь специализированных на золото, медь, молибден тематических исследований разных лет, публикаций.

Результаты обобщения и анализа материалов демонстрируют, что в пределах выделенной нами зоны, кроме месторождения Малмыж, размещаются известные рудопроявления золото-меднопорфирового типа Понийское и Тырское. Эти объекты изучаются недропользователями и, по предварительным данным, оцениваются положительно [41]. По комплексу признаков нами выделен ряд проявлений, перспективных площадей (рис. 5), рекомендуемых для постановки поисковых работ (с юго-запада на северо-восток): 1 – Подхоренковская площадь (проявления Щебенчиха, Карьерное, Кочкариха и др.), 2 – проявление Переселенка, 3 – Мухенская, 4 – Маноминская, 5 – Мачтовая и 6 – Ситогинская площади, 7 – Дидбиранская площадь (проявления Алочка, Кварцевый и др.), 8 – проявление Золотая Гора, 9 – Благодатненская площадь (проявления Магинское, Благодатненское), 10 – Амысканская площадь (проявления Тяпка, Амыскан и др.).

Предполагается, что в непосредственной близости от сутуры к востоку-юго-востоку, в краевой части Западно-Сихотэ-Алинской вулканической зоны, приповерхностное золото-серебряное оруденение представляет верхний этаж порфировой системы с золото-медно-порфировой составляющей на глубине. Наличие золото-медного оруденения на глубине подтверждается буровыми работами на участках Оремиф, Шелеховский; отмечены определенные перспективы известных рудопроявлений Оборское и Болотистое.

Выделенные рудные объекты укладываются в протяженную (около 700 км) зону шириной до 30-50 км и локализуются в узлах пересечения последней вышеупомянутыми ортогональными расколами (рис. 5). Выявленная закономерность согласуется с известными представлениями Р. Х. Силлитое [59] о тенденции медно-порфировых систем образовывать линии (наряду с изометричными кластерами) и важности формирования и размещения месторождений, поперечных к линиям (ортогональных) глубинных разломов, способствующих проникновению (подъему) продуцирующих магм.

Результаты построений и прогноза иллюстрируются на рис. 5, где показаны позиции месторождения Малмыж, известных и прогнозируемых перспективных участков на золото-медно-порфировый тип оруденения в структурах Нижнего Приамурья.



Рис. 5. Схема размещения золото-медно-порфирового оруденения в структурах Нижнего Приамурья (юг Хабаровского края)

1-4 — прогнозируемые типы оруденения: 1 — золото-медно-порфировый (Au-Cu), 2 — то же на глубине, 3 — золото-молибден-медно-порфировый (Au-Mo-Cu), 4 — то же на глубине; 5, 6 — золото-медно-порфировые объекты: 5 — месторождения, 6 — рудопроявления; 7 — проявления золото-молибден-медно-порфирового оруденения; 8 — прогнозируемые объекты золото-медно-порфирового типа (список в тексте в соответствии с номерами). Ост. усл. обозн. и индексы тектонических структур см. на рис. 3

В процессе построений и в пределах рассматриваемой территории нами выделяются две зоны золото-молибден-медно-порфирового типа, согласующихся по простиранию с вышеописанной золото-медно-порфировой.

Первая из них приурочена к области развития тыловодужных гранитоидных батолитов внешней части перивулканической зоны, прослеживаясь параллельно золото-медно-порфировой к западу. Она вмещает известные проявления золото-молибден-медно-порфирового типа Анаджакан, Ямтуль, Кандагар, Ангочикан, Кентавр и др., которые пространственно ассоциируют золоторудными, вольфрам-золоторудными с месторождениями и рудопроявлениями (Многовершинное, Чульбаткан, Делькен, Агние-Афанасьевское и др.). В структурном плане она совмещена с Горинской подзоной ЗСА СФЗ. Далее, к западу, эта зона сменяется областью развития вольфрам-оловорудного профиля (Комсомольско-Перевальненская). Наиболее перспективны проявления Ангочикан, Кентавр и Кандагар.

Вторая зона золото-молибден-медно-порфирового оруденения выделяется в складчатом обрамлении основного (главного) звена ВСАВПП в пределах Кемской подзоны и включает известные проявления Ночное, Сухой, Чипали и др. Данный тип оруденения предполагается на глубине известных в пределах звена золото-серебряных проявлений. Здесь наибольшие перспективы связаны с проявлениями Ночное и Сухой.



Перечисленные металлогенические зоны простираются в северо-северо-восточном направлении, согласуются с определенными структурноформационными зонами и группируются в парную систему поясов: внешний, совмещенный с Восточно-Сихотэ-Алинской частью ВПП, и внутренний – с Западно-Сихотэ-Алинской (рис. 3, 5). Металлогеническая зональность поясов: внешний (восточный) – Au-Ag \rightarrow Au-Cu \rightarrow Au-Ag-Mo-Cu (W) \rightarrow Sn-W (Cu-Au) (рис. 5). Выделенные зоны образуют закономерный ряд латеральных рудоносных формаций, приуроченных к определенным геодинамическим обстановкам.

Следует отметить, что степень геологической изученности условий нахождения выделенных перспективных участков не одинакова. Поэтому нами рекомендуется проведение региональных геологоразведочных работ ГДП-200/2 в Приамурской подзоне на недостаточно изученных площадях.

Ниже приводится характеристика некоторых вновь выявленных и прогнозируемых объектов золото-медно-порфирового типа.

Участок Понийский расположен на правобережье р. Амур в 60 км к юго-востоку от г. Комсомольск-на-Амуре и в 70 км к северовостоку от месторождения Малмыж. Находится в пределах Приамурской подзоны ЗСА СФЗ [23]. Здесь развиты преимущественно песчано-алевролитовые отложения горнопротокской свиты альбапта, прорванные позднемеловыми интрузивами габбро-монцонит-диоритовой формации, размещение которых контролируется выше обозначенными расколами северо-западного простирания. Золото-медное оруденение связано как непосредственно с указанными телами кварцевых монцо-диоритов, так и с более поздней фазой, представленной мелкими штоками и дайкообразными телами кварцевых диорит-порфиритов, которые контролируются Понийской зоной разлома северо-восточного простирания.

В пределах участка уже выявлено рудопроявление Медное, открытое в результате заверки горно-буровыми работами, контрастной вторичной геохимической аномалии золота (0,006–2,0 г/т) и меди (0,006–0,3 %). Здесь прогнозируются более крупнообъемные с меньшими содержаниями полезных компонентов объекты в связи с кварцевыми монцодиоритами интрузивов Тудурского и Ходжарского (участок Тропный и др.).

Прогнозируемый участок Мухенский находится в единой с месторождением Малмыж структурно-формационной зоне, располагаясь в 160 км к юго-юго-западу. По геологическому строению, факторам и критериям золото-медного оруденения, а также по площади этот участок сопоставим с месторождением Малмыж. Сложен терригенными и вулканогенно-терригенными толщами нижнего мела, позднемеловыми вулканогенно-терригенными образованиями и прорывающими их малыми телами умеренно кислого среднего состава. Внедрение последних сопровождалось ороговикованием вмещающих пород и широким развитием гидротермальнометасоматических образований: окварцевания, калишпатизации и сульфидизации, несущих золотое и медное оруденение.

По данным предшественников, здесь по штуфным пробам отмечены проявления рудного золота до 10 и 18 г/т, меди 01–0,5 %, геохимические и шлиховые ореолы золота, меди и серебра, в шлихах из протолочек присутствуют самородные золото и медь. На участке проявлена типичная для прогнозируемого типа оруденения метасоматическая и геохимическая зональность.

Эти исследования позволяют прогнозировать на Мухенской площади выявление золото-медных минерализованных зон и даек, аналогичных рудопроявлению Медное, и более бедных руд в метасоматитах, подобных месторождению Малмыж.

Олойский ВПП занимает обширное пространство от района слияния Колымы и Омолона на северо-западе до верховий р. Бол. Анюй на юговостоке (рис. 6). Общая протяженность в северо-западном направлении более 400 км, ширина в южной части до 200 км. Вулканиты пояса перекрывают островодужные комплексы Хетачанского и Олойско-Березовского террейнов, входящих в состав доаккреционного комплекса Алазейско-Олойской складчатой системы. Олойский ВПП является элементом юрско-раннемеловой островодужной системы северо-западного сектора Палеопацифика, «запечатанного» ныне внутри северо-восточной окраины Евразийского континента. На территории пояса закончено составление листа Q-58 [19] и ведутся работы по листу Q-57 (В. М. Кузнецов и др., 2019) ГК-1000/3.

П. П. Лычагин и др. [33] в составе Олойского пояса выделяют островодужные базальт-андезит-риолитовую, андезит-базальтовую, трахиандезитовую и габбро-сиенитовую магматические формации.

Первая из перечисленных формаций распространена в большей степени в юго-западной части пояса, а три последние сменяют ее на северо-востоке. В. Г. Каминский [25] верхнюю часть трахиандезитовой и габбро-сиенитовую формации (под несколько иными названиями) объединяет в вулкано-плутоническую ассоциацию, которая и определяет основную металлогеническую составляющую пояса.

Базальт-андезит-риолитовая формация кимеридж-волжского возраста в юго-западной части зоны со структурным несогласием залегает на палеозойских и триасовых породах Олойско-Березовского и Хетачанского террейнов. Базальты, андезибазальты, а также их туфы составляют 25–40 % формации, андезиты и их туфы – 40–50 %, дациты, риолиты и их туфы – 10–30 % [33]. Лавы и туфы перемежаются с морскими терригенными отложениями.

Андезит-базальтовая келловей-кимериджская формация интерпретируется нами как ранний островодужный комплекс северо-восточной части Олойского ВПП. В ее составе преобладают низкотитанистые высокомагнезиальные порфировые базальты, высокомагнезиальные андезибазальты, отдаленно напоминающие бониниты [33]. Вулканиты совместно с морскими осадочными отложениями наращивают морской тонкотерригенный разрез средней юры.

Трахиандезитовая формация на 50–60 % состоит из низкотитанистых высокоглиноземистых, относительно низкокалиевых порфировых трахиандезибазальтов и на 40–50 % – из порфировых трахиандезитов [33]. С трахиандезитовой тесно ассоциирует диорит-гранодиоритовая формация, представленная весеннинским гранодиорит-диоритовым комплексом. Обе формации, по современным данным, имеют берриас-валанжинский возраст [26; 50].

Габбро-сиенитовая формация широко известна под названием егдыгкычского комплекса [3] и в настоящее время выделяется как егдыгкычский габбро-монцонит-сиенитовый комплекс берриас-валанжинского возраста [50]. Ранняя фаза в массивах комплекса, по данным Д. Г. Берлимбле, М. Е. Городинского [2], представлена габброидами и монцонитами, а поздняя – кварцевыми сиенитами и сиенитами. Позднее в качестве самостоятельной третьей фазы были описаны тела кварцевых монцонит-порфиров [25; 50]. Именно эта фаза является основной рудоматеринской золото-медно-порфирового оруденения.



Рис. 6. Строение и золото-медно-порфировое оруденение Олойского ВПП

1, 2 – субстрат пояса: 1 – островодужные осадочновулканогенные комплексы девона – нижней юры Хетачанского и Олойско-Березовского терейнов Алазейско-Олойской складчатой системы, 2 - выходы офиолитов; 3 – островодужные вулканиты Олойского ВПП: 4-6-рудоносный егдыгкычский плутонический комплекс: 4 – отдельные тела комплекса, 5 – границы общего ареала распространения комплекса в пределах Олойского ВПП, 6- границы попереченых зон развития комплекса; 7- золото-медно-порфировые объекты: крупное месторождение Песчанка (а), прочие (б); 8, 9 – доаккреционные структуры обрамления Олойского пояса: 8 - Омолонский кратонный террейн, 9 – Чукотский террейн пассивной континентальной окраины Новосибирско-Чукотской складчатой системы; 10-Южно-Анюйская шовная зона; 11-главные разломы – границы террейнов; 12, 13 – постаккреционные перекрывающие комплексы: 12 – ранне-позднемеловые Охотско-Чукотского и Джахтардах-Олойского ВПП, 13рыхлые кайнозойские отложения Колымской низменности

Трахиандезитовая формация совместно с габбро-сиенитовой и диорит-гранодиоритовой соответствует завершающей стадии развития Олойского ВПП и отражает, вероятно, не субдукционный островодужный режим, а орогенез в результате трансформного сдвига.

Таким образом, Олойский пояс, заложившийся как островодужный на складчато-надвиговом основании из океанических и островодужных комплексов, - весьма перспективная структура для развития золото-медно-порфирового оруденения. Нет сомнения в том, что Баимским рудным районом потенциал этого пояса далеко не исчерпан. Об этом свидетельствуют и многочисленные проявления меди, молибдена и золота на всей его территории. Так, в непосредственной близости от месторождения Песчанка рекомендован для дальнейшего изучения перспективный золото-медно-рудный узел Болотный [19]. Основные перспективы золото-медно-порфирового оруденения связаны с зоной развития магматических тел габбро-сиенитовой формации (егдыгкычский комплекс). Она протягивается в северо-восточной половине пояса на всем его протяжении (рис. 6). Внутри этой зоны массивы егдыгкычского комплекса группируются в цепочки субмеридионального и северо-восточного простираний, образуя внутри единой зоны поперечные ряды. Всего намечается три таких поперечных зоны, смещенных одна от другой примерно на одинаковое расстояние (200-240 км). Вероятнее всего, они трассируют глубинные расколы трансформного типа, аналогичные таковым Центральноандийского меднопорфирового пояса. В самой восточной из этих



поперечных зон и расположен Баимский рудный район. В пределах северо-западной поперечной зоны прогнозируется новый Тополёвско-Иннахский золото-медно-рудный потенциальный рудный район, включающий известные Иннахский и Тополёвский золото-рудно-россыпные узлы. В обоих узлах присутствуют медно-молибденпорфировые проявления с золотом, связанные с небольшими массивами егдыгкычского комплекса [52].

Иннахский рудный узел. по данным Н.А. Горячева и В. А. Половинкина [14], приурочен к одному из поднятий субстрата Олойского вулканогенного пояса. Приподнятый блок сложен верхнетриасовыми песчано-алевролитовыми толщами, на периферии узла перекрытыми со структурным несогласием вулканогенно-осадочными образованиями верхней юры. Рудопроявления узла размещаются в эндо- и экзоконтактах полифазного габбро-монцонит-сиенитового плутона Камень Такмыка и вблизи его северных сателлитов. Плутон – типичный представитель егдыгкычского плутонического комплекса габбро-сиенитовой формации. Для его магматических пород весьма характерны явления автометасоматоза, сопровождающиеся обильными выделениями магнетита. В них же присутствуют штокверки сульфиднокварцевых прожилков с медно-молибденовой минерализацией. В роговиках и в неороговикованных алевролитах на удалении до 1,5-2,0 км размещаются кварцевые и кварц-карбонатные жилы с сульфидной полиметаллической минерализацией. В роговиковом ореоле плутона Камень Такмыка установлены повышенные концентрации золота 0,1-4,2 г/т [14].

Тополёвский рудный узел напоминает Иннахский. Рудопроявления так же размещаются в приподнятом блоке, состоящем из триасовых вулканогенно-осадочных пород Хетачанского террейна, и локализуются вблизи и внутри небольших штоков сиенитов и сиенит-порфиров егдыгкычского комплекса. Наиболее изученное рудопроявление Дальнее представляет собой штокверк кварцевых, карбонат-кварцевых и кварц-сульфидных прожилков толщиной 0,3–0,5 мм с медно-молибденовой и полиметаллической минерализацией, а также с золотом [12].

Иннахский и Тополёвский рудные узлы вместе с Баимским рудным районом отнесены В. И. Шпикерманом [52] к единому баимскому рудному комплексу. Объединяющий оба узла и впервые выделенный Тополёвско-Иннахский рудный район является наиболее перспективной в отношении золото-медно-порфирового оруденения новой территорией Олойского ВПП. На сегодня в рамках создания листа Q-58 ГК-1000/3 в районе проводятся прогнозно-металлогенические исследования (В. М. Кузнецов и др., 1919). Перспективна также расположенная между Баимским и Тополёвско-Иннахским районами поперечная полоса развития небольших массивов егдыгкычского комплекса, в пределах которой известны небольшие россыпи и рудопроявления золота. В отношении медно-порфирового оруденения эта зона не оценивалась. Такая оценка может быть выполнена посредством среднемасштабных региональных работ.

Охотско-Чукотский ВПП протянулся от юговостока Сибирской платформы до восточной оконечности Чукотского полуострова почти на 4 тыс. км при ширине 100-500 км. В региональном плане он представляет собой ареал распространения сложно дифференцированного вулкано-плутонического сообщества преимущественно известково-щелочных пород альбпозднемелового возраста, который резко дискордантно наложен на все более древние структуры. Сравнительно небольшие изолированные поля меловых вулканитов и поясовые интрузии распространены на значительном (200-300 км) удалении от края сплошного развития магматитов ОЧВПП. Особенно далеко они проникают вдоль разломов северо-западного направления. Область распространения в мезозойских складчатых структурах магматитов и оруденения, связанных с развитием ОЧВПП, получила название перивулканической [45]. Охотско-Чукотский пояс традиционно рассматривается как типичная окраинно-континентальная вулкано-плутоническая структура андийского типа. Однако в последние годы некоторыми учеными обосновывается модель орогенного происхождения нижней (альбсеноманской) части ОЧВПП, сформировавшейся в синсдвиговой обстановке трансформной континентальной окраины [47]. Пространственно пояс тесно совмещен с другим более древним (поздняя юра – ранний мел) Удско-Мургальским окраинно-континентальным ВПП (рис. 1), выделявшимся ранее как внутренняя андезит-базальтовая зона ОЧВПП [1].

Минерагеническая зональность ОЧВПП близка к зональности многих минерагенических поясов тихоокеанского обрамления: фронтальная зона пояса – медь, молибден (с золотом); осевая наиболее прогнутая часть пояса с мощнейшими накоплениями вулканитов - зона эпитермального золото-серебряного оруденения и тыловая часть пояса — зоны оловянного, олововольфрамового и олово-серебряного оруденения (рис. 7). Зона медного оруденения на юго-востоке ОЧВПП ассоциирует с базальтоидными комплексами Удско-Мургальской вулканической дуги, являющейся в этой части фундаментом пояса. В этой зоне наиболее перспективной из прогнозируемых на рассматриваемый тип оруденения представляется площадь потенциального Этанджинского узла, включающего проявления Этанджа, Усмунчанское и Лев. Турма. В ее западной части выделяется Нюгалийская площадь с одноименным перспективным проявлением (лист О-54 ГК-1000/3, авторский вариант, В. Н. Зелепугин. 2016).

Общая продольная зональность ОЧВПП испытывает сушественное влияние субстрата пояса. которое для медно-порфирового семейства выражено особенно ярко. На участке пояса между верховьями Пенжина и Анадырь (Анадырский сектор ОЧВПП) общая зональность нарушается, отсутствует оловянное оруденение и прерывается зона эпитермального золото-серебряного оруденения. Преобладающим на этом отрезке является медное оруденение, в том числе порфирового типа. Эта особенность связана со спецификой субстрата пояса. Здесь под вулканитами ОЧВПП происходит пересечение базальтоидных вулканических комплексов Удско-Мургальской дуги с океаническими и островолужными комплексами Алазейско-Олойской складчатой системы и островодужным Олойским ВПП. Таким образом, ОЧВПП в этой части имеет заведомо меланократовый субстрат. На этом основании данный фрагмент ОЧВПП мы рассматриваем в качестве наиболее перспективного в отношении золотомедно-порфирового оруденения.

Наше заключение подтверждается наличием в этой части пояса потенциальных рудных узлов с установленным золото-медно-порфировым оруденением. Наиболее перспективен Ольховский потенциальный рудный узел [16]. Положение Ольховского узла контролируется Анадырским глубинным разломом северо-восточного простирания. Узел приурочен к ареалу распространения рудоносного позднемелового диорит-кварц-монцонит-гранитового кавральянского плутонического комплекса. Наиболее изученным в пределах узла является медно-порфировое рудопроявление Ольховка, представленное штокверком прожилково-вкрапленных руд меди, приуроченных к штоку гранодиоритпорфиров – кварцевых монцонит-порфиров



Рис. 7. Металлогеническая зональность Охотско-Чукотского ВПП по профилирующим типам оруденения

1 – оруденение медно-порфирового семейства (Аи-Си, Мо-Си, Аи-Мо-Си, Мо);
2 – эпитермальное золото-серебряное;
3 – эпитермальное серебряное;
4 – оловянное, олово-вольфрамовое, олово-серебряное;
5 – рудопроявления и потенциальные рудные узлы медно-порфирового семейства. Ост. усл. обозн. см. на рис.



завершающей фазы кавральянского комплекса. Центральная часть штокверка представлена ортоклаз-кварцевыми метасоматитами и кварцтурмалиновыми брекчиями. Далее следует наиболее рудоносная зона кварц-серицитовых аргиллизитов с тонкопрожилковой кварц-сульфидной, кварц-турмалиновой и вкрапленной сульфидной минерализацией. Эта зона охватывает почти весь шток магматических пород площадью 0,5 км². Рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, самородной медью, ковеллином, халькозином, борнитом, молибденитом. Из гипергенных минералов широко развиты малахит и азурит. Содержания в оруденелых породах зоны: меди 0,4-7 %, молибдена 0,01-0,35 %, золота 0,1-10 г/т, серебра - первые граммы на тонну, платины до 0,02 г/т, палладия до 0,03 г/т. Внешняя слаборудоносная зона представлена аргиллизитами каолинит-монтмориллонитовой фации. В пределах узла присутствуют россыпи самородного золота и вторичные ореолы рассеяния меди и золота интенсивностью соответственно 0,03-1 % и 0,03-3,0 г/т. Апробированные прогнозные ресурсы Ольховского узла по кат. Р₃ составляют 3 млн т меди [16].

Другая особенность развития оруденения медно-порфирового семейства ОЧВПП – приуроченность к участкам пояса, наложенным на жесткие блоки с древним метаморфическим фундаментом (Охотский и Омолонский кратонные террейны). Однако на этих участках преобладает медно-молибден-порфировое оруденение, иногда с золотом. Так, оруденение ОЧВПП Центрально-Охотского района (в пределах Охотского кратонного террейна) представлено в основном формацией молибден-порфировых руд (рудопроявления Лев. Атыкан, Кварцевая Сопка, Дарпичан, Таёжный и др.) [17; 18]. В подчиненном количестве присутствуют проявления медно-молибден-порфирового типа (Моренное). Штокверки молибденовых и медно-молибденовых руд размещаются вблизи выступов докембрийского фундамента Охотского кратонного террейна и ассоциируют с позднемеловыми гранитоидами нютско-куйдусунского плутонического ряда (умереннощелочные лейкограниты и граниты). Локализуются штокверки в самих гранитоидах, в осадочных породах чехла кратонного террейна и в верхнемеловых вулканитах ОЧВПП. Нередко проявления сопровождаются россыпями золота, а в некоторых из них золото присутствует в рудах (проявление Таёжное).

Оруденение Центрально-Охотского района следует относить к молибден-порфировому типу. Оно явственно отвечает гранитной модели: существенно молибденовый состав штокверков, связь с гранитоидами, прорывающими кратонное основание Охотского террейна. Таким образом, модельный тип оруденения и характер субстрата не позволяют высоко оценивать в отношении золото-медно-порфирового оруденения эту часть ОЧВПП. Это район развития молибденового (в том числе с ураном) и золото-сульфидного оруденений.

В обрамлении Охотского террейна в перивулканической области ОЧВПП наблюдается молибден-медно-порфировое оруденение с золотом. Наиболее перспективной здесь представляется Хетанинская площадь с одноименным рудопроявлением.

Сходная с Центрально-Охотским районом ситуация наблюдается и при пересечении ОЧВПП южной части Омолонского кратонного террейна. Вулканические, гипабиссальные и плутонические комплексы ОЧВПП далеко проникают вглубь террейна вдоль Конгинской тектономагматической зоны северо-западного простирания (рис. 7). Оруденение медно-порфирового

семейства здесь представлено в основном молибден-порфировым типом, поэтому эта зона не может рассматриваться высокоперспективной в отношении золото-медно-порфирового типа. Наиболее изучены проявления Вечернее и Хрустальное. Рудопроявление Вечернее представлено довольно богатым молибденоносным штокверком, приуроченным к штоку позднемелового викторианского диорит-гранит-порфирового комплекса. Содержание молибдена в рудах 0,032-0,45 %, меди - 0,05-0,23 %, а золота 0,1-0,6 г/т. Прогнозные ресурсы молибдена по категориям P₁ + P₂ - 284 тыс. т. На продолжении рудного поля появляются жилы и штокверки с эпитермальным золото-серебряным оруденением [11].

Наложенная на юго-западное складчатое обрамление Омолонского кратонного террейна Коркодон-Наяханская тектоно-магматическая зона ОЧВПП также характеризуется молибденовым профилем порфировых руд. Здесь разведано два небольших непромышленных месторождения (Орлиное и Верхнеомолонское) с общими запасами по категориям C₁ + C₂ 535 т молибдена при средних содержаниях металла 0,22-0,24 %. Золото в значимых концентрациях не установлено. Молибденовое оруденение связано с позднемеловым наяханским гранодиорит-гранитовым плутоническим комплексом. Цепь гранитоидных массивов комплекса протягивается в северо-западном направлении более чем на 200 км и всюду присутствуют проявления молибдена. Крупный знаток молибден-медно-порфировых месторождений Северо-Востока России Ю. П. Скибин (2007 г., письменное сообщение) оценивает Коркодон-Наяханскую зону как один из крупнейших в перспективе молибденоворудных районов в России с общим ресурсным потенциалом более 1 млн т молибдена. В этой же зоне могут быть обнаружены собственно золоторудные месторождения золото-порфирового типа. Перспективы обнаружения золото-меднопорфировых месторождений здесь не велики, но общий минерально-сырьевой потенциал может быть значительным и его следует оценить на современном уровне посредством региональных работ.

Джахтардах-Олойский ВПП выделен в конце прошлого века геологами НПО «Аэрогеология» в процессе создания Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 1 000 000 второго поколения (новая серия). Ранее цепь северозападного направления меловых вулканогенных прогибов, начинавшаяся в междуречье Омолон – Бол. Анюй, принималась не более чем за ответвление ОЧВПП. Однако масштабы этой цепи, протягивающейся от Приохотья до побережья Северного Ледовитого океана, и несколько отличный возраст вулканитов в ней дали основания выделить самостоятельный вулканогенный пояс.

В основании пояса залегает нижнемеловая толща, сложенная преимущественно андезитами,

андезибазальтами, их туфами, реже риолитами и дацитами. Вулканиты относятся к известковощелочной магматической серии [44]. Нижние андезиты со структурным несогласием перекрывают палеозойские и юрские лислошированные толщи Алазейского, Хетачанского, Олойско-Березовского островодужных террейнов, а также позднеюрский – ранемеловой Олойский ВПП. Вулканиты нижней части разреза пояса комагматичны гранитоидам гранит-гранодиоритового комплекса. Наземный характер вулканизма и состав вулканических пород (известковощелочная серия) позволяют отнести раннемеловые вулканиты к андезитовой и риолитовой формациям окраинно-континентальных поясов. К тому же геодинамическому типу относятся и гранитоиды гранит-гранодиоритового комплекса.

Выше андезитоидной толщи залегает вулканогенная толща, состоящая преимущественно из кислых вулканитов риолитов, трахидацитов, трахириолитов, трахиандезитов умереннощелочной калиевой серии. Таким образом, в нижнемеловом ярусе Джахтардах-Олойского пояса выявляется типичная для надсубдукционных магматических дуг окраинно-континентальных поясов гомодромная андезит-риолитовая серия. Положение палеозоны субдукции для данной структуры определяется интенсивными положительными магнитной и гравитационной аномалиями, совпадающими с кайнозойскими Ожогинской и Абыйской впадинами. Наклон зоны субдукции при этом на северо-восток (в современных координатах) под Алазейский островодужный террейн.

Верхнемеловые образования пояса представлены трахиандезит-базальтовым осадочно-вулканогенным комплексом, в состав которого входят базальты, трахибазальты, трахиандезиты, реже щелочные базальты и субвулканические тела того же состава. Венчают разрез потоки лейцитовых базальтов. Породы обладают высокой щелочностью и титанистостью [44]. С этим же этапом развития пояса связаны интрузивы габбро-монцонит-сиенитового комплекса. Описанная ассоциация магматических пород повышенной щелочности отражает либо рифтогенный режим, либо режим трансформных сдвиговых движений.

На сегодня пояс исследован крайне слабо, еще меньше сведений о его металлогении. В связи с поясом на Алазейском плоскогорье известны уран-молибденовые проявления. Надсубдукционная природа части пояса, его положение среди островодужных и океанических комплексов Алазейско-Олойской складчатой системы, наличие в нем ранне-позднемеловых магматических комплексов разнообразного состава дают основание рассматривать эту структуру как перспективную в отношении золото-медно-порфирового оруденения. На этой территории необходима постановка современных региональных исследований среднего масштаба.

Удско-Мургальский ВПП выделяется как окраинно-континентальная магматическая дуга, наложенная на Охотско-Тайгоносский островодужный террейн [13]. Выходы вулканитов и плутонов пояса расположены вдоль Охотского побережья к югу от основного поля вулканитов ОЧВПП и перекрываются последними со структурным несогласием. Наземные вулканические образования пояса представлены амфиболовыми и клинопироксеновыми андезитами, андезибазальтами, базальтами, туффитами и туфами среднего и умеренно кислого составов [18; 42]. Базальтовые лавы характеризуются высокой глиноземистостью. Широко распространены позднеюрские и раннемеловые многофазные плутоны, сложенные габбро, диоритами, гранодиоритами и гранитами и сопровожлающими их лайками и штоками гипабиссальной порфировой фации. Меднопорфировое оруденение УМВПП установлено в пределах Кони-Пьягинской (рудопроявления Лора, Павловича, Япон и др.) и Магадан-Ямской (Уптар и др.) молибден-меднорудных минерагенических зон.

Наиболее изучена Кони-Пьягинская молибденмеднорудная зона. Зона описывается по материалам Е. В. Коловой (2009 г.). Основная структура района – Кони-Пьягинское магматогенное поднятие протяженностью более 200 км при ширине 30-50 км. В его центральной части обнажаются триас-среднеюрские островодужные осадочновулканогенные отложения, а в осевой части поднятия – прибрежный ряд интрузий. Площадь их выходов на поверхность составляет около 30 % территории. Наиболее распространены породы магаданского раннемелового габбро-гранитового комплекса, слагающие значительную часть всех гранитоидных плутонов. Вслед за Ю. Ю. Воробьевым (1988 г.) магаданский комплекс на данной территории разделен на четыре фазы.

Самым крупным интрузивным телом является Средненский массив, основная часть которого сложена диоритами и гранодиоритами третьей фазы магаданского комплекса. Типовое рудопроявление Лора локализуется в гранодиоритах массива. Медно-порфировое оруденение пространственно совмещено с дайками и штоками гранодиорит-порфиров и кварцевых диорит-порфиритов, а также сопровождающими их эксплозивными брекчиями. Рудные тела выражены трубообразным телом эксплозивных брекчий среди биотит-ортоклаз-кварцевых метасоматитов и штокверком в штоке гранодиорит-порфиров и во вмещающих гранодиоритах. Гидротермальные метасоматические изменения: калишпатизация, аргиллизация и пропилитизация.

Главные гипогенные рудные минералы: пирит, халькопирит, молибденит; второстепенные пирротин, галенит, сфалерит, борнит, козалит. Благороднометалльная минерализация представлена самородными золотом и серебром, энаргитом, блеклыми рудами. Гипергенные минералы руд: гидрооксиды железа, халькозин, малахит, азурит, ковеллин. Содержания полезных компонентов в рудных телах весьма неравномерное и варьирует: Cu 0,05–0,8 %, Mo 0,001–0,15 %, Ag 1,4–6,8 г/т, Au 0,01–0,1, редко 2–5 г/т.

По мнению Е. В. Коловой (2009 г.), молибденмедно-порфировые объекты Кони-Пьягинской зоны следует сопоставлять с диоритовой моделью. Однако связь оруденения с гранодиоритами, отсутствие среди них фаз собственно диоритовых порфиритов, значительная роль молибдена и в целом низкие содержания золота скорее указывают на переходный характер этих объектов от диоритового к гранодиоритовому типу, что снижает перспективность объектов Кони-Пьягинской зоны в отношении золото-медно-порфирового оруденения.

Уянлино-Ясачненский ВПП. Срелне-позлнеюрский УЯВПП – С-образная структура в центральной части Северо-Востока России (рис. 1). Общая протяженность пояса около 1400 км. Ширина выходов келловейско-позднеюрских вулканитов в его южной части достигает 170 км. Внутреннее строение пояса характеризуется сочетанием протяженных прогибов (грабенов), выполненных морскими вулканогенно-осадочными толщами, с рядами близких по возрасту локальных наземных вулканоструктур. Структуры того и другого типа вложены со структурным несогласием в основании разреза в цоколь, состоящий из дислоцированных отложений различного возраста (от рифея до средней юры). Пояс является продолжением той же юрско-раннемеловой палеоостроводужной системы северо-западного обрамления Палеопацифика, что и Олойский ВПП.

Замечательная черта Уяндино-Ясачненского пояса - его отчетливая магматическая зональность, наиболее детально изученная Е. Ф. Дылевским [20]. В направлении от палеоокеана к Сибирскому палеоконтиненту наблюдается последовательная латеральная смена вулканических ассоциаций от натриевых базальтов к контрастной базальт-риолитовой, затем к последовательно дифференцированной андезит-дацитриолитовой и далее к андезитовой и существенно риолитовой формациям. В этом же направлении происходит постепенное омоложение возраста преобладающей части вулканических пород, обогащение калием и снижение роли натрия в породах. Характер поперечной магматической зональности, внутрипоясовых вулканогенно-осадочных и осадочных бассейнов позволили выделить в составе УЯВПП Илиньтасскую и Дарпирскую тектоно-магматические зоны.

Вулканизм Илиньтасской тектоно-магматической зоны протекал в режиме растяжения морского ложа, то есть в субокеанической обстановке. На это указывают существенно базитовый состав вулканитов зоны, близость базальтоидов толеитовой серии, натриевый профиль их щелочности, соотношение Al₂O₃ и MgO, позволяющие сопоставлять их с вулканитами океанических хребтов и глыбовых поднятий в океанах [20]. При дифференциации базальтового расплава происходили излияния вулканитов контрастной ассоциации натриевых базальтов-риолитов, внедрялись небольшие массивы анорогенных гранитоидов А-типа (Рассошинский массив). Илиньтасская зона наложена на островодужные и океанические образования Алазейско-Олойской складчатой системы.

Характер вулканизма и магматическая зональность Дарпирской зоны позволяет интерпретировать юго-западную часть Уяндино-Ясачненского пояса как структуру, формировавшуюся либо в обстановке энсиалической островной дуги, либо трансформной континентальной окраины. По интегральному составу продуктов вулканизм был андезитовым известково-щелочной серии. Извержения происходили как в подводных, так и в наземных условиях (на островах). Одновременно внедрялись небольшие массивы гранитоидов и диоритов.

Рудоносность Уяндино-Ясачненского пояса также определяется его магматической зональностью. В пределах Илиньтасской тектоно-магматической зоны наиболее изученным является колчеданно-полиметаллическое оруденение, связанное с контрастной вулканической ассоциацией натриевых базальтов-риолитов. Типовой объект месторождение Хотойдох в Умбинском прогибе Уяндино-Ясачненского пояса [9; 21]. Этот тип оруденения в данной работе не рассматривается.

На возможность обнаружения золото-меднопорфирового оруденения, связанного с келловей-оксфордской формацией натриевых базальтов повышенной щелочности Илиньтасской тектоно-магматической зоны в районе хребта Арга-Тас, указывал В. И. Шпикерман [52]. Изученное им Левосереченское рудопроявление меди в скарноидах экзоконтакта небольшого штока позднеюрских субвулканических граносиенитов являлось явным представителем скарновой фации медно-порфировой системы. Была выделена Аргатасская минерагеническая зона, потенциальная на обнаружение медно-порфировых и медно-колчеданных месторождений с золотом. Этот прогноз подтверждается недавними находками молибден-медно-порфирового и золото-сульфидного оруденений в связи с позднеюрским Рассошинским массивом умереннощелочных лейкогранитов в осевой части хребта Арга-Тас (А. В. Молчанов и др., 2018, устное сообщение на ученом совете ВСЕГЕИ). Перспективы в отношении золото-медно-порфирового оруденения анорогенных гранитоидов А-типа, каковым является Рассошинский и, вероятно, прочие массивы Аргатасской минерагенической зоны, пока не исследованы. Район требует дальнейшего изучения.

Рудоносность юго-западной части пояса (Дарпирская тектоно-магматическая зона) изучена много детальнее, чем оруденение Илиньтасской тектоно-магматической зоны. Верхнеюрский осадочно-вулканогенный комплекс слагает в Дарпирской тектоно-магматической зоне крупные вулканогенные прогибы и небольшие локальные вулканоструктуры, наложенные на палеозойские терригенно-карбонатные толщи континентального блока (Омулёвский террейн пассивной континентальной окраины). Мощность комплекса в прогибах достигает 3000 м. Здесь он представлен субаквальными покровами лав андезитов и андезидацитов (внизу) и риолитов (вверху), перемежающихся с алевролитами и песчаниками морского генезиса, туфами среднего и кислого составов. Разрез насыщен согласными и секущими субвулканическими телами андезитов, риолитов, дацитов и долеритов. В локальных вулканоструктурах мощность осадочно-вулканогенного комплекса обычно не превышает 400-500 м. Разрез локальных вулканоструктур в еще большей степени, чем в прогибах, пронизан субвулканическими и экструзивными телами и дайками различного состава. По данным геофизических исследований, под вулканоструктурами обычно присутствуют крупные массивы изверженных пород (гранитоиды и диориты). Таким образом, мы здесь имеем дело, как правило, с вулкано-плутоническими сооружениями.

Рудные объекты медно-порфировой рудномагматической системы Дарпирской тектоно-магматической зоны сосредоточены в ее юго-восточной части. Вследствие того, что доминирующие вмещающие породы этих объектов – карбонатные толщи, здесь преобладает скарновое полиметаллическое оруденение. Однако центральный элемент рудно-геохимической зональности многих из них – медно-порфировое оруденение.

Известные на юго-востоке Уяндино-Ясачненского пояса проявления медных и серебро-полиметаллических руд Невидимка, Опыт, Кунарёвское, Террасное, Надежда, Упорное, Орлиное, Чернинское и др. составляют единый рудный комплекс [51: 52]. Модель минералого-геохимической зональности месторождений рудного комплекса создана на основе учета данных о геологическом строении, вещественном составе и геохимии руд различных объектов (рис. 8). То есть для ее построения использован метод анализа отдельных горизонтальных сечений с дальнейшим обобщением их в виде единого вертикального ряда. В результате установлено, что общая минералого-геохимическая зональность серебро-полиметаллических месторождений рудного комплекса сходна с описываемым Г. М. Власовым [34] пропилитовым рядом рудных формаций, который Р. Силлитое [58] называет порфирово-медной системой.

Рудные объекты юга УЯВПП, несомненно, являются производными медно-порфировой рудно-магматической системы, но сформировавшейся на континентальном субстрате. Доминирующая роль серебро-полиметаллического оруденения обусловлена преобладанием карбонатов кальция во вмещающей раме. Несмотря на то, что более всего оруденение этой части Уяндино-Ясачненского пояса отвечает диоритовой модели, золотоносность руд слабая. Перспективы обнаружения



Рис. 8. Принципиальная модель вертикальной зональности медно-порфировой системы в южной части Уяндино-Ясачненского вулканогенного пояса (кунаревский рудный комплекс) [51] с дополнениями

1, 2 – стратифицированные вулканиты верхней юры: 1 – риолиты и риодациты, 2 – андезиты и андезидациты и их туфы; 3, 4 – терригенные бат-позднеоксфордские отложения: 3 – аргиллиты и алевролиты, 4 – известковые конгломераты; 5–7 – карбонатно-терригенные отложения палеозоя: 5 – известняки и доломиты, 6 – глинистые и алевритистые известняки, 7 – алевролиты и глинистые сланцы; 8–10 – позднеюрские интрузивные и субвулканические образования: 8 – диориты, 9 – гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, риолиты, дациты, 10 – граниты и гранодиорить; 11, 12 – метасоматические изменения по вулканитам: 11 – пропилиты, 12 – вторичные кварциты; 13-16 – характер оруденения и морфлогии рудных тел: 13 – кварц-кальцит-сульфидные жилы, 14 – штокверковые зоны и залежи кварц-карбонат-сульфидных прожилково-вкрапленных руд (a – в карбонатных и терригенных породах субвулканических тел), 15 – экранированные метасоматические залежи упидозит-сульфидного (скарноидного) и джаспероид-сульфидного составов, 16 – тела скарново-сульфидных и скарново-магнетит-сульфидных руд; 17–20 – внешние границы зон типов оруденения: 17 – Сu-порфирового, 18 – контактово-метасоматического Cu-Pb-Zn-Ag-Fe, 19 – жилы и штокверки с Pb-Zn в пропилитах, 20 – эпитер-

золотоносных медно-порфировых месторождений на бо́льшей части пояса незначительные. Однако в южном замыкании пояс частично наложен на базальтоидные комплексы Алазейско-Олойской складчатой системы. В результате работ на листах Р-56 [15] и Q-56 (В. И. Шпикерман и др., 2018) ГК-1000/3 выделена Ороёкская золото-меднорудная минерагеническая зона, в состав которой входят связанные с поясом проявления меди с золотом порфирового и жильного типов (Невидимка, Опыт). В этой части пояса целесообразно выполнить региональные работы для выявления и оценки перспективных площадей на рассматриваемый тип оруденения.

Омолонский ВПП. Под таким названием пояс девонско-раннекаменноугольного вулканизма в пределах Омолонского кратонного террейна был выделен В. А. Степановым [43]. Вулканиты объединены в средне-позднедевонскую вулканическую кедонскую серию, представленную в основном известково-щелочными риолитами, дацитами, андезитами. В пределах Омолонского террейна выделяются также зоны раннекаменноугольного вулканизма, представленного дифференцированной серией трахиандезибазальтов трахиандезитов - трахидацитов - риолитов высококалиевых риолитов [27]. Вулканогенные образования слагают сложнопостроенные вулкано-тектонические структуры. В размещении вулканических ассоциаций устанавливается определенная зональность [33]. Преобладающие в общем объеме магматитов вулканические породы принадлежат двум формационным комплексам: андезит-дацит-риолитовому и трахиандезитовому. Андезит-дацит-риолитовый вулканический комплекс связан с девонско-раннекаменноугольным диорит-гранодиоритовым булунским гипабиссальным комплексом. Совместно они образуют андезит-риолит-гранодиоритовую вулкано-плутоническую ассоциацию [32]. В составе трахиандезитового комплекса присутствуют трахиандезиты, трахиты, дациты и риолиты. В ассоциации с вулканитами трахиандезитового комплекса выделяется алы-юряхский граносиенит-лейкогранитовый гипабиссальный комплекс.

Специфика металлогении Омолонского пояса – широкое развитие месторождений эпитермальной золото-серебряной формации, связанной с девонско-раннекаменноугольным вулканизмом. Оруденение медно-порфирового семейства играет резко подчиненную роль и связано с булунским диорит-гранодиоритовым (рудопроявление Табор и др.) и алы-юряхским граносиенит-лейкогранитовым (рудопроявление Ягоднинское) гипабиссальными комплексами. Все объекты относятся к медно-молиден-порфировому и молибден-порфировому типам. Золотоносность порфировых руд в них невысокая. На периферии порфировых систем присутствуют проявления золота, но они относятся к жильному золото-кварц-сульфидному типу и не образуют крупнообъемных объектов. Перспективы палеозойского Омолонского ВПП в отношении месторождений золото-медно-порфирового типа невелики.

Рассошинский вулканический пояс (Рассошинская тектоно-магматическая зона) не является в традиционно принятом понимании ВПП. Это скорее тектоно-магматическая зона, сложенная интенсивно дислоцированными островодужными вулканитами и осадочными породами ордовикского возраста. Зона входит в состав Алазейско-Олойской складчатой системы. Большая часть разреза ордовика сформирована кремнисто-глинистыми граптолитовыми сланцами и вулканитами. Вулканиты представлены лавами и туфами трахибазальтов, трахиандезибазальтов, трахитов, в меньшей степени трахидацитов. Особенности состава и структуры вулканитов позволило П. П. Лычагину сопоставить эти образования с формацией калиевых базальтов и трахитов, свойственной тыловым частям островных вулканических дуг [53]. Протяженность зоны в северо-западном направлении около 60 км, ширина 15-25 км. Со всех сторон отложения ордовика со структурным несогласием перекрыты отложениями нижнего девона и верхней юры или ограничены разломами. Металлогенический профиль Рассошинской зоны определяется преобладающей ролью медной полиформационной минерализации. С ней ассоциирует значительно уступающее по масштабам колчеданно-полиметаллическое оруденение.

Масштабные проявления меди в ордовикских вулканитах установлены в Агынджинском потенциальном рудном узле в северо-западной части Рассошинской зоны [36; 53]. Протяженность узла в северо-западном направлении 11 км, ширина 5 км. Распространенная в пределах узла средне-верхнеордовикская осадочно-вулканогенная толща мощностью от 700 до 1000 м содержит сульфидное медное оруденение практически по всему разрезу. Там же присутствуют меденосные субвулканические тела трахитов и небольшие интрузии сиенит-порфиров [31].

Рудопроявление Агынджа локализовано в северной части Агынджинского узла. Объект проявляется довольно экзотическим сочетанием разнотипного медного оруденения. Медная минерализация присутствует как в изверженных, так и осадочных породах.

В изверженных породах оруденение представлено несколькими разновидностями. Наиболее распространены вкрапленные руды в амигдалоидных эффузивных трахибазальтах. В лавовых потоках рудная минерализация локализована в их верхних, наиболее насыщенных порами частях, на 1,0-1,5 м ниже кровли. Содержания меди в таких телах достигают нескольких процентов. Сульфиды меди (чаще всего это борнит) присутствуют в основной массе эффузивов или частично заполняют округлые миндалины. В некоторых случаях минералы меди входят в состав цемента стратифицированных залежей эксплозивных брекчий, образуя оруденелые горизонты большой мощности (5-10 м). Прожилково-вкрапленная минерализация наблюдается в субвулканических телах трахитов и трахиандезитов. Борнит и халькопирит приурочены здесь к участкам развития кальцитовых прожилков, локализуясь как в самих прожилках, так и за их пределами. Прожилкововкрапленная минерализация установлена также в субвулканических интрузивах сиенит-порфиров. Кроме того, здесь же широко распространены меденосные кальцит-кварц-сульфидные жилы. Таким образом, мы имеем дело с шошонитовой ассоциацией магматических пород, содержащих медное оруденение в эффузивных (медистые базальты), в субвулканических (медно-порфировые руды) и гидротермальных жильных фациях.

Среди осадочных пород встречаются пласты меденосных известняков и доломитов с прожилковой рудной минерализацией. Тем не менее наиболее широко распространены медистые песчаники, мощность отдельных оруденелых пластов которых достигает 28 м. Однако содержания Си в этих песчаниках составляют лишь 0,3–0,6 %. Рудные минералы локализуются в форме прожилков, гнезд, тонких просечек, встречаются также кластогенные обломки сульфидов меди и оруденелых пород.

Главные рудные минералы — борнит и халькопирит, широко распространены также халькозин, ковеллин, пирит; второстепенные — дигенит, теннантит, кубанит, галенит, медь самородная. Метасоматические изменения выражены пропилитизацией и березитизацией вмещающих пород. Содержание меди в рудах Агынджи варьирует в широких пределах от 0,1 до 10,0 %. Общей геохимической чертой руд является устойчивая ассоциация Си с Аg. Содержания серебра в рудах от 1 до 150 г/т. Золотоносность руд Агынджи не изучена.

По мнению В. И. Шпикермана [52], в Агынджинском узле мы имеем дело с собственно вулканогенным проявлением медно-порфировой рудно-магматической системы энсиматической

островной дуги. Здесь можно видеть определенные аналогии с известным типом мантос юрских и меловых ВПП Чилийской медно-рудной провинции. А. И. Кривцов считает, что «медная минерализация типа "мантос" может рассматриваться как собственно вулканогенное проявление меденосности продуктивных вулкано-плутонических ассоциаций, с интрузивными составляющими которых связано более важное в экономическом отношении оруденение...» [29, с. 30]. Возможность наблюдать на Агындже значительный интервал разреза меденосных вулканитов позволяет видеть уже собственно порфировые руды в субвулканических трахидацитах и сиенит-порфирах. А. П. Кропачевым и др. [31] высказывается вполне вероятное предположение, что в пределах Агынджинского узла присутствуют молодые (мезозойские) интрузии с медно-порфировым оруденением.

Таким образом, для объектов Агынджинского рудного узла сложно найти общий аналог, объединяющий все установленные здесь типы медного оруденения. Более всего узел отвечает диоритовой модели (базальтоидный вулканический пояс, медный профиль оруденения, средний состав рудоносных интрузий). Однако отличия от этой модели существенные. Преобладает вулканогенная фация медного оруденения, умереннощелочной состав вулканитов и др. Скорее всего аналоги следует искать в районах развития месторождений типа мантос. Широкое площадное развитие в Агынджинском узле разнообразной медной минерализации, наличие участков с богатым оруденением позволяет высоко оценивать общий минерагенический потенциал узла.

Заключение. В вулкано-плутонических поясах Дальнего Востока России устанавливаются все типы месторождений медно-порфирового семейства. Наиболее ценные для региона месторождения золото-медно-порфирового типа соответствуют диоритовой и монцонитовой моделям. Кроме того, важнейший фактор регионального прогноза – субстрат, в котором размещаются рудно-магматические системы. Это должны быть тектонические зоны и террейны, сложенные океаническими и островодужными образованиями, говоря проще, - субстрат золотоносных медно-порфировых систем, как правило, меланократовый. Именно в таких структурно-тектонических обстановках локализованы месторождения Малмыж и Песчанка. На основании выявленных критериев в качестве наиболее перспективных для поисковых работ авторы предлагают рассматривать следующие объекты ВПП восточных районов России:

 Восточно-Сихотэ-Алинский ВПП: Понийский, Мачтовый, Подхоренковский, Мухенский, Благодатненский;

 Олойский ВПП: Иннахский и Тополёвский рудные узлы;

 Охотско-Чукотский ВПП: Ольховский рудный узел. Для выявления новых перспективных площадей в отношении золото-медно-порфирового оруденения считаем целесообразным провести среднемасштабные региональные работы в районах:

– перивулканической области Восточно-Сихотэ-Алинского ВПП, в первую очередь в пределах слабоизученных площадей Приамурской подзоны Западно-Сихотэ-Алинской СФЗ, а именно в районах проявлений Подхоренковское, Переселенка, Мухенский, Болотистый, Понийский и Мачтовый, Дидбиранский (номенклатуры листов 1 : 200 000 L-53-III-IV, X; М-53-XII, XVIII, XXIII–XXIV, XXIX–XXX, XXXIV–XXXV; М-54-II–III, VIII, XXV, XXXI; N-54-XXVI, XXVIII);

– Олойского ВПП на площадях к северозападу от Баимского рудного района (Q-57-V, VI; Q-58-VII, VIII, IX, X, XV, XVI);

– Анадырского сектора Охотско-Чукотского ВПП (Q-58-XIV, XVII, XVIII, XXI–XXIV; Q-59-XX, XXI, XXVI);

– Коркодон-Наяханской зоны Охотско-Чукотского ВПП (Р-57-І, ІІ, VІІІ, ХІV, XV, XXV, XXVI, XXXVII);

 – Джахтардах-Олойского ВПП на Алазейском плоскогорье (Q-55-V, VI);

– южного замыкания Уяндино-Ясачненского ВПП (P-56-III, IV; Q-56-XXXIII, XXXIV).

Авторы благодарят А. И. Ханчука, Т. Н. Зубову, В. В. Шатова за заинтересованное обсуждение положений статьи, полезные замечания и рекомендации.

1. Белый В. Ф. Структурно-формационная карта Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (масштаб 1:1 500 000). Объясн. записка. – Магадан, 1981. – 57 с.

2. Берлимбле Д. Г., Городинский М. Е. Рудоносный габбро-сиенитовый комплекс Западной Чукотки // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. – Магадан, 1978. – Вып. 24. – С. 61–67.

3. Берлимбле Д. Г. Меловой интрузивный магматизм Анюйско-Олойского блока / Д. Г. Берлимбле, М. Е. Городинский, И. Н. Котляр, К. Б. Куликов, З. И. Палымская // Магматизм Северо-Востока СССР: Тез. докл. Первого Северо-Восточного петрограф. совещ. – Магадан, 1968. – С. 52–54.

4. Бескин С. М., Алексеева А. К. Медно-порфировое оруденение России: перспективные регионы и площади. – М.: Научный мир, 2016. – 78 с.

5. Буханова Д. С. Вторичные изменения вмещающих пород медно-порфирового месторождения Малмыж, Дальний Восток России // Природная среда Камчатки: Материалы XII регион. молодеж. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – С. 15–28.

6. Буханова Д. С. Высокотемпературные газово-жидкие включения в жильном кварце медно-порфирового месторождения Малмыж, Дальний Восток России // Природная среда Камчатки: Материалы XIII регион. молодеж. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2014. – С. 69–80.

7. Буханова Д. С. Первые данные о возрасте Малмыжского золото-меднопорфирового месторождения, Хабаровский край // Новое в познании процессов рудообразования: Материалы VIII Рос. молодеж. науч.-практ. шк. – М., 2018. – С. 81–82. 8. Буханова Д. С., Плечов П. Ю. Условия формирования Аu-Cu-порфирового месторождения Малмыжское, Хабаровский край (по данным исследования флюидных включений) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. – 2017. – № 34 (2). – С. 61–71.

9. Бычок Б. Г., Попов Л. Н. Хотойдохское колчеданнополиметаллическое месторождение // Разведка и охрана недр. – 1975. – № 6. – С. 7–9.

10. Войнова И. П., Зябрев С. В. Петрогеохимия и обстановки формирования вулканитов Киселёвско-Маноминского аккреционного комплекса (Дальний Восток) // Тихоокеанская геология. – 2007. – Т. 36, № 4. – С. 52–64.

11. Геология и металлогения фанерозойских комплексов юга Омолонского массива / Н. А. Горячев и др. – Владивосток: Дальнаука, 2017. – 312 с.

12. Городинский М. Е., Гулевич В. В., Титов В. А. Проявления медного оруденения на Северо-Востоке СССР // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. – Магадан, 1978. – Вып. 24. – С. 151–158.

13. Горячев Н. А. Удско-Мургальская магматическая дуга: геология, магматизм, металлогения // Проблемы металлогении рудных районов Северо-Востока России. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. – С. 17–38.

14. Горячев Н. А., Половинкин В. Л. Минералого-геохимические признаки связи золотого оруденения с магматизмом (На примере Иннахского рудного узла, Западная Чукотка) // Минералогические особенности эндогенных рудных образований Якутии. – Якутск: ЯИГ СО АН СССР, 1979. – С. 115–129.

15. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-56 – Сеймчан. Объясн. зап. / Авт.: В. М. Кузнецов, С. В. Жигалов, Т. А. Ведерникова, В. И. Шпикерман; науч. ред. В. И. Шпикерман. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. – 426 с. + 16 вкл.

16. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-59 — Марково. Объясн. зап. / Авт. Г. М. Малышева, Е. П. Исаева, Ю. Б. Тихомиров, Б. В. Вяткин; гл. науч. ред. И. М. Мигович. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. — 226 с. + 1 вкл.

17. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-54 — Оймякон. Объясн. зап. / Авт.: Г. Г. Казакова, А. Ф. Васькин, А. П. Кропачев и др.; науч. ред А. П. Кропачев. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. — 400 с. + 10 листов граф. прил.

18. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-55 — Сусуман. Объясн. зап. / Авт.: В. И. Шпикерман, И. В. Полуботко, А. Ф. Васькин и др.; ред. В. И. Шпикерман, В. В. Петухов, Л. Р. Семенова. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. — 520 с. + 10 листов граф. прил.

19. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-58 — Алискерово. Объясн. зап. / Авт. Е. П. Исаева; науч. ред. Б. А. Марковский. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. — 466 с.

 Дылевский Е. Ф. Зональность Уяндино-Ясачненского вулканического пояса и его тектоническая природа // Геотектоника. – 1994. – № 4. – С. 52–62.
Дылевский Е. Ф., Зуев С. А., Шпикерман В. И.

21. Дылевский Е. Ф., Зуев С. А., Шпикерман В. И. Колчеданно-полиметаллическое месторождение Хотойдох в верхнеюрских осадочно-вулканогенных отложениях центральной части хр. Черского // Стратиформное оруденение осадочных и осадочно-вулканогенных формаций Северо-Востока Азии. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1996. – С. 81–96.

22. Змиевский Ю. П. Анализ тектоники и геодинамика Средне-Амурского региона в мезозое и кайнозое // Геология и полезные ископаемые Приамурья. – Хабаровск: Хабаровскгеология, 1999. – С. 21–26.

23. Змиевский Ю. П. Новый объект золото-меднопорфирового типа в Дальневосточном регионе // Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов – состояние и перспективы: Сб. тезисов докл. науч.практич. конф. (19–20 апреля, 2016 г., Москва, ЦНИГРИ) / Отв. ред. А. Н. Щендригин. – М.: ЦНИГРИ, 2016. – 136 с.

24. Зябрев С. В. Раннемеловые кремни Киселёвско-Маноминского террейна – наиболее молодые океанические отложения в структуре юга континентальной части Дальнего Востока России // Тихоокеанская геология. – 1994. – № 6. – С. 74–82.

25. Каминский В. Г. Комплексная геолого-поисковая модель медно-порфирового месторождения Баимской рудной зоны // Советская геология. – 1989. – № 11. – С. 46–56.

26. Кара Т. В. Новые данные о возрасте магматических комплексов Алазейско-Олойской складчатой системы (Западная Чукотка) // Тихоокеанская геология. – 2018. – Т. 37, № 6. – С. 107–115.

27. Котляр И. Н. Раннекарбоновый магматизм и оруденение Омолонского массива / И. Н. Котляр, Н. И. Караваева, А. П. Милов, Р. Б. Умитбаев // Магматические и метаморфические комплексы Северо-Востока СССР и составление Геолкарты-50. – Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1988. – С. 35–36.

28. Красный Л. И. Глобальная система геоблоков. – М.: Недра, 1984. – 190 с.

29. Кривцов А. И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. – М.: Недра, 1983. – 256 с.

30. Кривцов А. И., Мигачев И. Ф., Попов В. С. Меднопорфировые месторождения мира. – М.: Недра, 1986. – 236 с.

31. Кропачев А. П., Коновалов А. Л., Федорова Н. П. Медное оруденение на северо-западе Омулевского поднятия // Стратиформное оруденение Якутии. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988. – С. 98–110.

32. Лычагин П. П., Дылевский Е. Ф. Карта магматических формаций Омолонского срединного массива и его обрамления / Под ред. В. М. Мерзлякова. – Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1983.

33. Магматизм центральных районов Северо-Востока СССР / П. П. Лычагин, Е. Ф. Дылевский, В. И. Шпи-керман, В. Б. Ликман. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – 120 с.

34. Магматогенно-рудные системы / Г. М. Власов, В. Н. Компаниченко, Ю. Ф. Малышев, А. М. Петрищевский, Н. П. Романовский. – М.: Наука, 1986. – 256 с.

35. Маркевич Н. В. Восточных фланг Киселёвско-Маноминского террейна: фрагмент островной дуги в аккреционной призме (Северный Сихотэ-Алинь) / Н. В. Маркевич, С. В. Зябрев, А. Н. Филиппов, А. И. Малиновский // Тихоокеанская геология. – 1996. – Т. 15, № 2. – С. 70–98.

36. Мерзляков В. М., Шпикерман В. И. Стратиформная рудоносность Омулевского поднятия // Тихоокеанская геология. – 1985. – № 5. – С. 67–72.

37. Минина О. В., Мигачёв И. Ф., Звездов В. С. Прогнозно-металлогеническое районирование южной части Дальневосточного региона на медно-порфировое оруденение // Отечественная геология. – 2019. – № 1. – С. 35–49.

38. Натальин Б. А. Раннемезозойские эвгеосинклинальные системы северной части тихоокеанского обрамления. – М.: Наука, 1984. – 136 с.

39. Парфенов Л. М. Континентальные окраины и островные дуги мезозоид Северо-Востока Азии. – Новосибирск: Наука, 1984. – 190 с.

40. Парфенов Л. М. Тектоническая эволюция активных континентальных окраин на северо-западе Тихоокеанского обрамления / Л. М. Парфенов, Б. А. Натальин,

И. П. Воинова, Л. И. Попеко // Геотектоника. – 1981. – № 1. – С. 85–104.

41. Петров О. В. Государственное геологическое картографирование – эффективный путь к открытию месторождений-лидеров / О. В. Петров, Е. А. Киселев, А. Ф. Морозов, В. И. Шпикерман, Т. Н. Зубова, В. В. Шатов, Ю. П. Змиевский // Региональная геология и металлогения. – 2015. – № 64. – С. 5–10.

42. Русакова Т. Б. Позднеюрско-неокомовый вулканизм Северного Приохотья: Геология, тектоническая обстановка, рудоносность // Тихоокеанская геология. – 2011. – Т. 30, № 5. – С. 53–66.

43. Степанов В. А., Шишакова Л. Н. Кубакинское золото-серебряное месторождение. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 198 с.

44. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / отв. ред.: Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. – М.: Наука/Интерпериодика, 2001. – 571 с.

45. Умитбаев Р. Б. Охотско-Чаунская металлогеническая провинция (строение, рудоносность, аналоги). – М.: Наука, 1987. – 286 с.

46. Ханчук А. И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // Рудные месторождения континентальных окраин. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – С. 5–34.

47. Ханчук А. И., Гребенников А. В., Иванов В. В. Альбсеноманские окраинно-континентальный орогенный пояс и магматическая провинция Тихоокеанской Азии // Тихоокеанская геология. – 2019. – Т. 38, № 3. – С. 4–37.

48. Читалин А. Ф. Малмыж – новая крупная золотомедно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине / А. Ф. Читалин, А. А. Ефимов, К. И. Воскресенский и др. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 3. – С. 65–69.

49. Читалин А. Ф., Усенко В. В., Фомичев Е. В. Баимская рудная зона – кластер крупных месторождений цветных и драгоценных металлов на западе Чукотского АО // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 6. – С. 68–73.

50. Читалин А. Ф. Порфирово-эпитермальные системы Баимской рудной зоны, Западная Чукотка / А. Ф. Читалин, Ю. Н. Николаев, И. А. Бакшеев, В. Ю. Прокофьев, Е. В. Фомичев, В. В. Усенко, Е. В. Нагорная, Л. И. Марущенко, Ю. Н. Сидорина, Г. Т. Джеджея // Смирновский сборник – 2016. – М.: Макс-Пресс, 2016. – С. 82–115.

51. Шпикерман В. И. Полиметаллическое оруденение Омулевского поднятия (Северо-Восток СССР). – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – 164 с.

52. Шпикерман В. И. Домеловая минерагения Северо-Востока Азии. – Магадан: СВ КНИИ ДВО РАН, 1998. – 333 с.

53. Шпикерман В. И. Медное оруденение в ордовикских вулканитах на востоке Якутской АССР / В. И. Шпикерман, В. М. Мерзляков, П. П. Лычагин и др. // Тихоокеанская геология. – 1988. – № 4. – С. 55–64.

54. Chitalin A., Fomichev E., Usenko V., Agapitov D., Shtengelov A. Structural model of Peschanka porphyry Cu-Au-Mo deposit, Western Chukotka, Russia / J. Vearncombe // Structural geology and resources-2012: Symposia 26–28 September, 2012. – Kalgoorlie, WA, 2012. – Bull. № 56-2012. – Pp. 21–27.

55. Hsu K. J. Origin of sedimentary basins of China / X. Zhu // Chinese Sedimentary Basins. – Amsterdam: Elsevier, 1989. – Ch.17. – Pp. 207–229.

56. Hollister V. F. An appraisal of the nature of some porphyry copper deposits // Minerals Science and Engineering. – 1975. – Vol. 7. – Pp. 225–233.

57. Lowell J., Guilbert J. Lateral and vertical alterationmineralization zoning in porphyry ore deposits // Economic Geology. – 1970. – Vol. 64. – Pp. 373–408.

58. Sillitoe R. H. Geology of the Los Pelambres porphyry copper deposit, Chile // Economic Geology. -1973. - Vol. 68. - Pp. 1–10.

59. Sillitoe R. H. Porphyry Copper Systems // Economic Geology. – 2010. – Vol. 105. – Pp. 3–41.

60. Soloviev S. G. The superlarge Malmyzh porphyry Cu-Au deposit, Sikhote-Alin, eastern Russia: Igneous geochemistry, hydrothermal alteration, mineralization, and fluid inclusion characteristics / S. G. Soloviev, S. G. Kryazhev, S. S. Dvurechenskaya, V. E. Vasyukov, D. A. Shumilin, K. I. Voskresensky // Ore Geology Reviews. – 2019. – Vol. 113. – Pp. 1–27.

1. Belyy V. F. Strukturno-formatsionnaya karta Okhotsko-Chukotskogo vulkanogennogo poyasa (masshtab 1 : 1 500 000). Ob"yasn. zapiska [Structural-formation map of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt (scale 1:1,500,000). Explain. note]. Magadan. 1981. 57 p.

2. Berlimble D. G., Gorodinskij M. E. Ore-bearing gabbrosyenite complex in Western Chukotka. *Materials on geology and minerals of the North-East of the USSR*. Magadan. 1978. Iss. 24, pp. 61–67. (In Russian).

3. Berlimble D. G. Cretaceous intrusive magmatism of the Anyui-Oloi block. *Magmatism of the Northeast USSR: Abstracts of the First Northeast Petrograph. Conference.* Magadan. 1968. Pp. 52–54. (In Russian).

4. Beskin S. M., Alekseeva A. K. Medno-porfirovoe orudenenie Rossii: perspektivnye regiony i ploshhadi [Copper-porphyry mineralization of Russia: promising regions and areas]. Moscow: Nauchnyj mir. 2016. 78 p.

5. Buhanova D. S. Secondary changes in the host rocks of the copper-porphyry deposit Malmyzh, Far East of Russia. *Kamchatka's natural environment: Materials of the XII Regional Youth Scientific Conference.* Petropavlovsk-Kamchatskiy. 2013. Pp. 15–28. (In Russian).

6. Buhanova D. S. High-temperature gas-liquid inclusions in the vein quartz of the copper-porphyry deposit Malmyzh, Russian Far East. *Environment of Kamchatka: Materials of the XIII Regional Youth Scientific Conference*. Petropavlovsk-Kamchatskiy. 2014. Pp. 69–80. (In Russian).

7. Buhanova D. S. First data on the age of the Malmyzhsky gold-copper-porphyry deposit, Khabarovsk Territory. *New in the knowledge of ore formation processes: Materials of the VIII Regional Youth Scientific School.* Moscow. 2018. Pp. 81–82. (In Russian).

8. Buhanova D. S., Plechov P. Ju. Conditions for the formation of Au-Cu-porphyry deposits Malmyzhskoe, Khabarovsk Krai (according to the study of fluid inclusions). *Vestnik KRAUNTS. Series: Earth Sciences.* 2017. No. 34 (2), pp. 61–71. (In Russian).

9. Bychok B. G., Popov L. N. Hotoidokhskoye pyritepolymetallic deposit. *Razvedka i ohrana nedr.* 1975. No. 6, pp. 7–9. (In Russian).

10. Vojnova I. P., Zjabrev S. V. Petrogeochemistry and volcanic formation conditions of the Kiselyov-Manominsky accretion complex (Far East). *Tihookeanskaja geologija*. 2007. Vol. 36. No. 4, pp. 52–64. (In Russian).

11. Geologija i metallogenija fanerozojskih kompleksov juga Omolonskogo massiva [Geology and metallogeny of the Phanerozoic complexes in the south of the Omolon massif]. N. A. Gorjachev i dr. Vladivostok: Dal'nauka. 2017. 312 p.

12. Gorodinsky M. E., Gulevich V. V., Titov V. A. Manifestations of copper mineralization in the North-East of the USSR. *Materials on geology and minerals of the North-East of the USSR*. Magadan. 1978. Vol. 24. Pp. 151–158. (In Russian).

13. Gorjachev N. A. Udsko-Murgalsky magmatic arc: geology, magmatism, metallogeny. *Problems of metallogeny of ore regions of the North-East of Russia*. Magadan: SVKNII DVO RAN. 2005. Pp. 17–38. (In Russian).

14. Gorjachev N. A., Polovinkin V. L. Mineralogical and chemical characteristics of the relationship of gold mineralization with magmatism (For example, the Innakhsky ore cluster, Western Chukotka). *Mineralogical features of endogenous ore formations of Yakutia*. Jakutsk: JaIG SO AN SSSR. 1979. Pp. 115–129. (In Russian).
15. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Verhojano-Kolymskaja. List P-56 – Sejmchan. Ob"yasn. zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Series Verkhoyano-Kolyma. Sheet P-56 – Seymchan. Explain. note]. Scientific editor V. I. Shpikerman. St. Petersburg: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI. 2008. 426 p. + 16 vkl.

16. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Chukotskaja. List Q-59 – Markovo. Ob"yasn. zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Series Chukotka. Sheet Q-59 – Markovo. Explain. note. Scientific editor I. M. Migovich. St. Petersburg: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI, 2012. 226 p. + 1 vkl.

17. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Verhojano-Kolymskaja. List R-54 - Ojmjakon. Ob"yasn. zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Series Verkhoyano-Kolyma. Sheet P-54 - Oymyakon. Explain. note]. Scientific editor A. P. Kropachev. St. Petersburg: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI. 2013. 400 p. + 10 listov graf. pril.

18. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Verhojano-Kolymskaja. List R-55 – Susuman. Ob"yasn. zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Series Verkhoyano-Kolyma. Sheet P-55 – Susuman. Explain. note]. Eds. V. I. Shpikerman, V. V. Petukhov, L. R Semenova. St. Petersburg: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI. 2016. 520 p. + 10 sheets count. adj.

19. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Chukotskaja. List Q-58 – Aliskerovo. Ob''yasn. zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Series Chukotka. Sheet Q-58 – Aliskerovo. Explain. note] Scientific editor B. A. Markovskij. St. Petersburg: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI. 2019. 466 p.

20. Dylevskij E. F. Zonality of the Uyandino-Yasachnensky volcanic belt and its tectonic nature. *Geotektonika*. 1994. No. 4, pp. 52–62. (In Russian).

21. Dylevskij E. F., Zuev S. A., Shpikerman V. I. Pyriticpolymetallic deposit Hotoidokh in the Upper Jurassic sedimentary-volcanogenic sediments of the central part of the ridge. Chersky. *Stratiform mineralization of sedimentary and sedimentary-volcanogenic formations of Northeast Asia.* Magadan: SVKNII DVO RAN, 1996. Pp. 81–96. (In Russian).

22. Zmievskij Ju. P. Analysis of tectonics and geodynamics of the Middle Amur region in the Mesozoic and Cenozoic. *Geology and Minerals of the Amur Region*. Habarovsk: Habarovsk-geologija. 1999. Pp. 21–26. (In Russian).

23. Zmievskij Ju. P. A new object of gold-copper-porphyry type in the Far East region. *Scientific and methodological foundations for forecasting, searching and evaluating deposits of noble, non-ferrous metals and diamonds – state and prospects: Collection of abstracts of scientific and practical reports. conferences (April 19–20, 2016, Moscow, TsNIGRI).* Ex. ed. A. N. Shhendrigin. Moscow: CNIGRI, 2016. 136 p. (In Russian).

24. Zyabrev S. V. Early Cretaceous flints of the Kiselevsk-Manominsky terrane are the youngest oceanic deposits in the structure of the south of the continental part of the Russian Far East. *Tikhookeanskaya geologiya*. 1994. No. 6, pp. 74–82. (In Russian).

25. Kaminskiy V. G. Integrated geological prospecting model of the porphyry copper deposit of the Baim ore zone. *Sovetskaya geologiya*. 1989. No. 11, pp. 46–56. (In Russian).

26. Kara T. V. New data on the age of igneous complexes of the Alazey-Oloi folded system (Western Chukotka). *Tikhookeanskaya geologiya*. 2018. Vol. 37. No. 6, pp. 107–115. (In Russian).

27. Kotlyar I. N. Early Carboxylic magmatism and mineralization of the Omolon massif. *Magmatic and metamorphic complexes of the North-East of the USSR and compilation of the* *Geolocation-50.* Magadan: SVKNII DVO AN SSSR. 1988. Pp. 35–36. (In Russian).

28. Krasnyy L. I. Global'naya sistema geoblokov [Global system of geoblocks]. Moscow: Nedra. 1984. 190 p.

29. Krivtsov A. I. Geologicheskie osnovy prognozirovaniya i poiskov medno-porfirovykh mestorozhdeniy [Geological foundations of forecasting and prospecting for copper-porphyry deposits]. Moscow: Nedra. 1983. 256 p.

30. Krivtsov A. I., Migachev I. F., Popov V. S. Mednoporfirovye mestorozhdeniya mira [Copper-porphyry deposits of the world]. Moscow: Nedra. 1986. 236 p.

31. Kropachev A. P., Konovalov A. L., Fedorova N. P. Copper mineralization in the northwest of the Omulevskoy Uplift. *Stratiform mineralization of Yakutia.* Yakutsk: YaF SO AN SSSR. 1988. Pp. 98–110. (In Russian).

32. Lychagin P. P., Dylevskiy E. F. Karta magmaticheskikh formatsiy Omolonskogo sredinnogo massiva i ego obramleniya [Map of magmatic formations of the Omolon middle massif and its frame]. Ed. by V. M. Merzlyakova. Magadan: SVKNII DVNTs AN SSSR. 1983.

33. Magmatizm tsentral'nykh rayonov Severo-Vostoka SSSR [Magmatism of the Central Regions of the North-East of the USSR]. Ed. by P. P. Lychagin, E. F. Dylevskiy, V. I. Shpikerman, V. B. Likman. Vladivostok: DVO AN SSSR. 1989. 120 p.

34. Magmatogenno-rudnye sistemy [Magmatogenore systems]. Ed. by G. M. Vlasov, V. N. Kompanichenko, Yu. F. Malyshev, A. M. Petrishchevskiy, N. P. Romanovskiy. Moscow: Nauka. 1986. 256 p.

35. Markevich N. V. Eastern flanks of the Kiselevsk-Manominsky terrane: fragment of an island arc in an accretionary prism (Northern Sikhote-Alin). *Pacific Geology*. 1996. Vol. 15. No. 2, pp. 70–98. (In Russian).

36. Merzlyakov V. M., Shpikerman V. I. The stratiform ore content of the Omulevsky uplift. *Pacific Geology*. 1985. No. 5, pp. 67–72. (In Russian).

37. Minina O. V., Migachev I. F., Zvezdov V. S. Prognozno-metallogenicheskoe rayonirovanie yuzhnoy chasti Dal'nevostochnogo regiona na medno-porfirovoe orudenenie. *Otechestvennaya geologiya*. 2019. No. 1, pp. 35–49. (In Russian).

38. Natal'in B. A. Rannemezozoyskie evgeosinklinal'nye sistemy severnoy chasti tikho-okeanskogo obramleniya [Early Mesozoic eugeosynclinal systems of the northern part of the Pacific framing]. Moscow: Nauka. 1984. 136 p.

39. Parfenov L. M. Kontinental'nye okrainy i ostrovnye dugi mezozoid Severo-Vostoka Azii [Continental margins and island arcs of the Mesozoid of the North-East of Asia]. Novosibirsk: Nauka. 1984. 190 p.

40. Parfenov L. M. Tectonic evolution of active continental margins in the north-west of the Pacific Rim. *Geotektonika*. 1981. No. 1, pp. 85–104. (In Russian).

41. Petrov Ô. V. State geological mapping – an effective way to discover leading deposits. *Regional'naya geologiya i metal-logeniya*. 2015. No. 64, pp. 5–10. (In Russian).

42. Rusakova T. B. Late Jurassic-Neocomian volcanism of the Northern Okhotsk region: Geology, tectonic environment, ore content. *Tikhookeanskaya geologiya*. 2011. Vol. 30. No. 5, pp. 53–66. (In Russian).

43. Stepanov V. A., Shishakova L. N. Kubakinskoe zolotoserebryanoe mestorozhdenie [Kubakinskoe gold-silver deposit]. Vladivostok: Dal'nauka. 1994. 198 p.

44. Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha]. Ex. eds.: L. M. Parfenov, M. I. Kuz'min. Moscow: Nauka/Interperiodika. 2001. 571 p.

45. Umitbaev R. B. Okhotsko-Chaunskaya metallogenicheskaya provintsiya (stroenie, rudonos-nosť, analogi) [Okhotsk-Chaun metallogenic province (structure, ore content, analogues)]. Moscow: Nauka. 1987. 286 p.

46. Khanchuk A. I. Paleogeodynamic analysis of the formation of ore deposits in the Russian Far East. *Ore deposits of the continental margin*. Vladivostok: Dal'nauka. 2000. Pp. 5–34. (In Russian). 47. Khanchuk A. I., Grebennikov A. V., Ivanov V. V. Alb-Cenomanian marginal-continental orogenic belt and magmatic province of Pacific Asia. *Tikhookeanskaya geologiya*. 2019. Vol. 38. No. 3, pp. 4–37. (In Russian).

48. Chitalin A. F. Malmyzh – a new large world-class gold-copper-porphyry system in the Sikhote-Alin. *Mineral resources of Russia. Economics and Management.* 2013. No. 3, pp. 65–69. (In Russian).

49. Chitalin A. F., Úsenko V. V., Fomichev E. V. The Baim ore zone – a cluster of large deposits of non-ferrous and precious metals in the west of the Chukotka Autonomous Okrug. *Mineral resources of Russia. Economics and Management.* 2013. No. 6, pp. 68–73. (In Russian).

50. Chitalin A. F. Porphyry-epithermal systems of the Baim ore zone, Western Chukotka. *Smirnovsky collection*. Moscow: Maks-Press. 2016. Pp. 82–115. (In Russian).

51. Shpikerman V. I. Polimetallicheskoe orudenenie Omulevskogo podnyatiya (Severo-Vostok SSSR) [Polymetallic mineralization of the Omulevsky uplift (North-East of the USSR)]. Vladivostok: DVO AN SSSR. 1987. 164 p.

52. Shpikerman V. I. Domelovaya minerageniya Severo-Vostoka Azii [Domestic mineralization of Northeast Asia]. Magadan: SV KNII DVO RAN. 1998. 333 p.

53. Shpikerman V. I. Copper mineralization in Ordovician volcanics in the east of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic. *Pacific geology*. 1988. No. 4, pp. 55–64. (In Russian).

54. Chitalin, A., Fomichev, E., Usenko, V., Agapitov, D., Shtengelov, A. 2012: Structural model of Peschanka porphyry Cu-Au-Mo deposit, Western Chukotka, Russia. *In* Vearn-combe, J. (ed.): *Structural geology and resources-2012: Symposia* 26–28 September. Kalgoorlie, WA, Bull. № 56-2012. 21–27.

55. Hsu, K. J. 1989: Origin of sedimentary basins of China. *Chinese Sedimentary Basins*, Amsterdam: Elsevier, 17, 207–229.

56. Hollister, V. F. 1975: An appraisal of the nature of some porphyry copper deposits. *Minerals Science and Engineering*. 7. 225–233.

57. Lowell, J., Guilbert, J. 1970: Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Economic Geology*. 64. 373–408.

58. Sillitoe, R. H. 1973: Geology of the Los Pelambres porphyry copper deposit, Chile. *Economic Geology*. 68. 1–10.

59. Sillitoe, R. H. 2010: Porphyry Copper Systems. *Economic Geology*. 105. 3–41.

60. Soloviev, S. G. 2019: The superlarge Malmyzh porphyry Cu-Au deposit, Sikhote-Alin, eastern Russia: Igneous geochemistry, hydrothermal alteration, mineralization, and fluid inclusion characteristics. *In* Soloviev, S. G., Kryazhev, S. G., Dvurechenskaya, S. S., Vasyukov, V. E., Shumilin, D. A., Voskresensky, K. I. (eds.): *Ore Geology Reviews*. 113. 1–27.

Петров Олег Владимирович – доктор геол. минерал. наук, доктор экон. наук, ген. директор, ВСЕГЕИ¹. <OPetrov@vsegei.ru>

Киселёв Евгений Аркадьевич — зам. министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации, руководитель, Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра). Ул. Б. Грузинская, 4/6, стр. 1, Москва, 125993, Россия. Шпикерман Владимир Иосифович — доктор геол.-минерал. наук, гл. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹.

Subalinir Shpikerman@vsegei.ru>

Змиевский Юрий Петрович – канд. геол.-минерал. наук, вед. специалист, ВСЕГЕИ¹. <Yuri_Zmievskii@vsegei.ru>

Petrov Oleg Vladimirovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Doctor Economic Sciences, Director General, VSEGEI¹. <OPetrov@vsegei.ru>

Kiselev Evgeny Arkad'evich – Deputy Minister of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, Head, Federal Agency of Mineral Resources (Rosnedra). 4/6 Bol'shaya Gruzinskaya, ctr. 1, Moscow, 125993, Russia.

Shpikerman Vladimir Iosifovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Ch. Researcher, VSEGEI¹. <Vladimir Shpikerman@vsegei.ru>

Zmievskiy Yuriy Petrovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Geological Department, VSEGEI¹. <Yuri_Zmievskii@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.



Коллектив ВСЕГЕИ сердечно поздравляет наших ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЕЙ!







Министр



О награждении

За открытие и разведку золото-медно-порфирового Малмыжское в Хабаровском крае месторождения

ЗМИЕВСКОГО

наградить знаком «Первооткрыватель месторождения» Юрия Петровича ведущего специалиста геологии и полезных ископаемых Восточных региональной районов России Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научноисследовательский им. А.П. Карпинского» геологический КИСЕЛЕВА институт заместителя Министра природных ресурсов и Евгения Аркадьевича экологии Российской Федерации - руководителя Федерального агентства по недропользованию ПЕТРОВА Олега Владимировича генерального директора государственного Федерального бюджетного «Всероссийский учреждения геологический институт им. А.П. Карпинского» научно-исследовательский ШПИКЕРМАНА Владимира Иосифовича главного научного региональной геологии и полезных ископаемых районов России государственного Федерального бюджетного «Всероссийский учреждения научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского». Минприродь

России

Д.Н. Кобылкин

А. С. ДУХАНИН (ООО «КАД-КОПИ Сервис»), С. Г. АЛЕКСЕЕВ (ЗАО КЦ «РОСГЕОФИЗИКА»), Н. П. СЕНЧИНА (СПГУ)

Структура струйных ореолов рассеяния глубокозалегающих месторождений Рудного Алтая

Представлены результаты детального изучения различными методами, в том числе геоэлектрохимическими, наложенных ореолов рассеяния на трех колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая, перекрытых аллохтонными отложениями мощностью десятки и сотни метров. Показано, что ореолы рассеяния химических элементов формируются в виде узких субвертикальных струй с расширением площади горизонтального сечения вблизи дневной поверхности. Отмечается связь аномальных содержаний металлов с повышенными содержаниями углекислого газа, уменьшением значений рН и удельного электрического сопротивления почв. Подтверждена эффективность применения методов для выделения наложенных ореолов рассеяния глубокозалегающих руд.

Ключевые слова: глубокозалегающие месторождения, геоэлектрохимические методы, ореолы рассеяния, Рудный Алтай.

A. S. DUKHANIN (OOO «CAD-COPY Servis»), S. G. ALEKSEEV (CJSC «ROSGEOPHYZIKA»), N. P. SENCHINA (SPMU)

Structure of jet-like dispersion halos of deeply buried mineral deposits in the Rudny Altai

Results of a detailed study by various methods, including geoelectrochemical, of superimposed scattering halos in three pyrite-polymetallic deposits of the Rudny Altai, covered by allochthonous sediments having a thickness of tens and hundreds of meters are presented. It is shown that the chemical element scattering halos are formed as narrow subvertical jets with widened horizontal section area near the day surface. The relationship of anomalous metal contents with elevated carbon dioxide content, the decrease in values of pH and electrical resistivity of soils are recorded. The efficiency of the application of methods for the identification of superimposed scattering halos of deeply buried ores is confirmed.

Keywords: deeply buried mineral deposits, geoelectrochemical methods, dispersion halos, the Rudny Altai.

Для цитирования: Духанин А. С., Алексеев С. Г., Сенчина Н. П. Структура струйных ореолов рассеяния глубокозалегающих месторождений Рудного Алтая // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 75–94.

Введение. В связи с необходимостью опоискования закрытых площадей, группой исследователей под руководством Н. И. Сафронова и Ю. С. Рысса в конце 60-х годов прошлого века начались работы по созданию прямых дистанционных методов поисков рудных месторождений [22]. При постановке исследований предполагалось изучение и использование электрохимических процессов как естественно происходящих в горных породах, так и вызываемых искусственно. Поэтому общее направление исследований получило название геоэлектрохимия, а создаваемые методы – геоэлектрохимическими. Одним из направлений было изучение форм нахождения элементов при электрохимических процессах в сульфидных рудных телах и ореолах рассеяния. Основной предпосылкой для исследований служило предположение о возможной миграции микроэлементов в подвижных формах нахождения из глубины к дневной поверхности. С целью поиска наиболее информативных сигналов от рудного тела началось систематическое изучение форм нахождения химических элементов в горных породах и почвах [5]. Ряд геоэлектрохимических методов разработали и внедрили в геологоразведочное производство. Наибольшее распространение получили методы:

 поисков по металлорганическим формам нахождения элементов (МПФ) [4];

- термомагнитный геохимический (ТМГМ) [7];

- диффузионного извлечения (МДИ) [14];
- частичного извлечения металлов (ЧИМ) [10].

Результаты применения этих методов при поисках и разведке рудных месторождений в различных климатических и ландшафтных условиях показали, что рудные тела, перекрытые толщей рыхлых аллохтонных отложений или коренными породами мощностью в десятки и сотни метров, фиксируются на дневной поверхности по наложенным ореолам рассеяния [8; 32]. В этих работах рассмотрены и основные особенности ореолов рассеяния, регистрируемых с помощью созданных методов:

1) ореолы распространяются на значительные расстояния в субвертикальном направлении, что обеспечивает большую глубинность исследований;

2) аномально повышенные концентрации металлов в наложенных ореолах, как правило, приурочены к проекции концевых частей рудных тел на дневную поверхность;

3) элементный состав наложенных ореолов соответствует вещественному составу руд;

4) аномалиями геоэлектрохимических методов выделяются не только сами рудные объекты, но и сопряженные с ними структурно-тектонические элементы земной коры, в частности зоны разломов;

5) наложенные ореолы, по данным геоэлектрохимических методов, наблюдаются не только над коренными, но и россыпными месторождениями, например, золота и олова;

6) геоэлектрохимические методы позволяют выделять наложенные ореолы в различных ландшафтных обстановках: от зон вечной мерзлоты до полупустынь и пустынь.

Опыт применения методов на различных этапах и стадиях геологоразведочных работ при поисках рудных месторождений рассмотрен в работе Н. А. Ворошилова [8]. Ореолы химических элементов-спутников нефти зафиксированы и над залежами углеводородов, залегающих на глубинах в несколько километров [24].

Для объяснения особенностей этих ореолов, а именно значительной вытянутости в вертикальном направлении [23], нами был предложен, а затем теоретически и экспериментально обоснован газово-пузырьковый конвективный механизм их формирования [19; 20; 21; 32; 41]. Согласно ему, в верхней части земной коры существует региональный вертикально направленный поток микропузырьков слаборастворимых газов (в основном метана, водорода, азота, углекислого газа). По пути движения в области объектов с повышенной концентрацией химических элементов (рудных тел, водо-нефтяного контакта углеводородных залежей) пузырьки захватывают эти элементы и переносят вверх (в газовой или жидкой фазах – эффект природной ионной флотации), вплоть до дневной поверхности. При взаимодействии этого потока с твердой фазой горных пород формируется весь спектр вторично закрепленных форм нахождения металлов.

В последнее время появились публикации [27; 35; 36; 38; 39], подтверждающие гипотезу струйного движения вещества при образовании вторичных наложенных ореолов рассеяния. Однако результаты комплексного изучения пространственного строения этих ореолов в различных формах нахождения крайне немногочисленны. Только ограниченная часть материалов публиковалась ранее [3; 13; 23]. Восполнить этот пробел помогут не публиковавшиеся ранее данные, полученные при проведении работ на территории Рудного Алтая.

Цель и задачи работ. Цель исследований – детальное изучение структуры и состава наложенных ореолов комплексом геохимических методов на дневной поверхности с прослеживанием их распространения на глубину до 2 м на трех колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая: Захаровском, Рубцовском и Корбалихинском.

Для достижения поставленной цели на площади каждого месторождения осуществлялись:

1) выделение наложенных ореолов рассеяния путем проведения наблюдений МДИ по профилям с шагом 50 м и со сгущением шага съемки до 20–25 м на участках проекций головы рудных тел на дневную поверхность;

2) детализация участков выделенных ореолов комплексом геохимических методов по более плотной сети (до 5 × 5 м);

3) более детальное изучение распределения химических элементов в зоне наложенного ореола проведением работ по отдельным профилям с шагом до 0,5 м;

4) Изучение распределения металлов в аномальной зоне до глубины 2 м с помощью канав, шурфов и шнековых скважин большого диаметра.

Работы выполнялись комплексом геохимических (литохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния, ТМГМ, МПФ, МДИ, ЧИМ и атмохимическая – с определением СО₂ и Си, Рb) и геофизических (электроразведка, термометрия) методов. В МДИ при накоплении катионов ведущая роль принадлежит диффузионному потенциалу, возникающему вследствие аномально высокого коэффициента диффузии ионов водорода применяемого электролита [2]. Экстракция металлов может проводиться в лабораторных и полевых условиях. В первом случае из подготовленных проб, что занимает достаточно много времени для их отбора, просушивания, ситования, квартования. Основной объем работ методом МДИ проведен с отбором проб в полевых условиях [14], при котором в почву укладывались элементоприемники из целлюлозной трубки диаметром 2 см и длиной 0.5 м, заполненные раствором однонормальной азотной кислоты. Время экспозиции составляло 20 ч. Полевые работы методом ЧИМ осуществлялись с помощью шестидесяти канальных станций ЧИМ-К, а металлы извлекались в двухкамерные элементоприемники объемом 100 мл при токах, превышающих критические значения [1], что исключало воздействие кислоты на почву. Аналитическое определение концентрации свинца и меди в растворах МДИ и ЧИМ выполнялось непосредственно в полевых условиях методом инверсионной вольтамперометрии на вращающемся графитовом электроде с помощью полярографа ПУ-1 [6]. Проведение анализа только на два основных химических

элемента полиметаллических руд, несомненно, снижало эффективность геохимических работ, однако скорость получения результатов (на следующий день после начала работ) позволяла оперативно прослеживать аномальные зоны и выбирать площади для дальнейших детализационных исследований.

Литохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния проводилась в соответствии с инструкцией [17]. Пробы МПФ отбирались из обогащенного гумусом почвенного горизонта с глубины 0-5 см и ТМГМ – из иллювиального горизонта с глубины 20-30 см. Для обеспечения представительности трех этих методов их отбор на каждой точке наблюдения проводился конвертом из пяти копушей, удаленных друг от друга на 3-5 м. Далее пробы сушились, ситовались (сито с размером ячейки 1 мм), квартовались и отправлялись в химико-аналитическую лабораторию ФГУ НПП «Геологоразведка», аккредитованную на выполнение геохимических и экологических работ. На сегодняшний день эта лаборатория входит в состав ООО «Полевая геофизика».

Экстракция МПФ осуществлялась в лабораторных условиях раствором пирофосфата натрия [5; 33]. В этом же растворе определялось содержание органического углерода, далее – соосаждение металлов сульфидом кадмия с получением твердого осадка. В ходе работ ТМГМ проводился магнетизирующий обжиг проб в течение 20 мин при температуре 800 °C с последующей экстракцией магнитной фракции. Следует отметить, что при исходной навеске обожженной пробы в 50 г выход магнитной фракции не превышал один грамм. Твердые пробы литохимической съемки, экстрактов МПФ, ТМГМ анализировались эмиссионно-спектральным методом на приборе CT-1. При обработке данных $M\Pi\Phi$ нормировались полученные содержания металлов к органическому углероду.

Во время работ на Захаровском месторождении проводилось измерение содержаний углекислого газа в подпочвенном воздухе (шахтный интерферометр ШИ-10) и атмохимическая съемка по металлам [34], модифицированная Крчмаром [40]. При атмохимической съемке на каждой точке наблюдения выкапывалась ямка глубиной 0,5 м, которая на глубине 0,2 м перекрывалась колпаком в форме конуса диаметром 0,8 м. Края конуса присыпались землей, а в верхней ее части устанавливался фильтр Петрянова для удаления потока воздуха аэрозольных частиц. С помощью шлангов верхняя часть конуса через стеклянный барбатер, заполненный раствором 1 н. азотной кислоты, соединялась с компрессором. На каждой точке наблюдения через барбатер прокачивалось 50 л почвенного воздуха со скоростью 2 л/мин. Полученный раствор кислоты направлялся на анализ, который проводился методом атомно-эмиссионной спектрометрии с возбуждением элементов в индуктивно-связанной плазме (ИСП АЭС) в НПО «Источник» [12].

На Захаровском месторождении также выполнены детальные электроразведочные (профилирование методом серединного градиента с установкой AB = 90 м, MN = 10 м) и термометрические наблюдения по методике В. И. Горного [11]. Отдельные участки подвергались измерению рН почвенных вытяжек потенциометрическим способом при соотношении твердой фазы почв и дистиллированной воды 1:5.

Краткая характеристика объектов исследования. Работы проводились на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая (Захаровском, Рубцовском и Корбалихинском), локализующихся в верхнедевонских отложениях северо-западной части Рудного Алтая. Краткая характеристика особенностей этих месторождений приведена в табл. 1.

Захаровское месторождение открыто в 1975 г. при общих поисках на участке с геохимической аномалией меди, выявленной в 1960 г. и признанной в то время бесперспективной на промышленное оруденение [30]. Месторождение находится в Рубцовском рудном районе, в Рубцовском-Захаровском рудном поле [9]. Участок месторождения сложен вулканогенно-осадочными отложениями средне-верхнедевонского возраста (рис. 1). Породы девона представлены кремнисто-глинистыми алевролитами с прослоями кислых туфов и песчаников и имеют пологое юго-западное падение под углом 10° – 20° с флексурными перегибами и изменением углов падения на 10° – 30° .

Таблица 1

Краткая характеристика руд рассматриваемых месторождений и условий их залегания [9]

Vanaumanuamuura	Месторождение			
ларактеристика	Захаровское	Рубцовское	Корбалихинское	
Условия залегания рудного тела в районе исследований	Слепо-погре- бенное	Погребенное	Слепое	
Мощность – зона окисления / кора выветривания, м	Ярко выражена (до 30) / (5)	Уникальная [15; 17]	Слабо выра- жена	
Мощность перекрывающих рыхлых отложений, м	80-100	80-100	До 20	
Соотношение Pb : Zn : Cu в рудах, от/до	1:2,5:0,5/ 1:1,8:0,3	1:1,8:0,7	1:2,9:0,1/ 1:6,2:1,1	



Рис. 1. Схематическая геологическая карта Захаровского месторождения с контурами шипуновской, давыдовской и каменевской свит [9], с профилями опробования, аномальными зонами МДИ по свинцу и меди

1 – рудные тела, скрытые аллохтонными отложениями; 2 – профили опробования МДИ и их номера; 3–5 – контуры аномалий: 3 – свинца, 4 – меди, 5 – комплексной свинца и меди; 6 – контур площади детализационных работ

Магматические образования в пределах Захаровского месторождения обладают крайне ограниченным распространением. Колчеданно-полиметаллическое оруденение локализуется в пределах давыдовской свиты. Мощность рудных тел изменяется от нескольких десятков сантиметров до 25 м, а протяженность по простиранию и падению – до первых сотен метров. Основные минералы: сфалерит, галенит, пирит, халькопирит. Содержание меди, свинца и цинка в руде составляет в сумме 18 %. Около 15 % руд находится в окисленном состоянии. Максимальная глубина нижней границы зоны окисления – 133 м. Зона окисления является уникальной, в ней найдено свыше 20 новообразованных минералов (в частности перит PbBiO₂Cl [15]).

В верхней части зоны окисления отмечается подзона выщелачивания руд мощностью до 5 м, которая характеризуется выносом меди, свинца и цинка. Сложена она окислами и гидроокислами железа, кремний-малахита, малахита и кварца. Ниже по разрезу выделяется зона богатых окисленных руд мощностью до 30 м. Основные рудные компоненты – цинк, медь и свинец – выделяются в виде карбонатов, сульфидов и окислов. По данным фазового анализа Рубцовской ГРП, степень окисления меди достигает 80 %, а свинца и цинка не превышает 20 %. Зона гипогенного оруденения залегает ниже 140 м и представлена первичными сульфидными рудами. Массивные руды на месторождении имеют ограниченное распространение и тяготеют к висячему боку рудных тел. Они характеризуются плотным неоднородно-массивным строением. Наиболее распространенный минерал в рудах - сфалерит, количество



Рис. 2. Схематическая геологическая карта Рубцовского месторождения (по данным Рудно-Алтайской экспедиции [29]) с профилями опробования, аномальными зонами МДИ по свинцу и меди

Усл. обозн. см. на рис. 1

которого достигает 50-70 % от общей рудной массы. Девонские отложения в пределах участка перекрыты рыхлыми аллохтонными отложениями неогена мощностью до 100 м. Ландшафт территории степной. Почвы черноземные слабощелочные (среднее значение pH = 8,4) мощностью 0,5-0,7 м. На территории месторождения ведется сельскохозяйственная деятельность.

Рубцовское месторождение расположено в 15 км от Захаровского и открыто в 1970 г. при геологической съемке на участке аномалий магниторазведки и метода вызванной поляризации [30].

Геологический разрез представлен лавами, туфолавами риолитовых порфиров и вышележащими кремнистыми, глинистыми вулканомиктовыми алевролитами верхнего девона, слагающими пологую моноклиналь северо-восточного простирания с падением на юго-восток (рис. 2).

Месторождение характеризуется простотой геологического строения, одним согласно залегающим рудным телом и самым высоким содержанием рудных элементов среди месторождений этого типа в России [30]. Основные запасы представлены богатыми сульфидными полиметаллическими и колчеданно-полиметаллическими рудами, среднее содержание металлов в которых составляет 22,84 % при содержании (%): Cu 4,54, Pb 6,50 и Zn 11,80.

На месторождении горными выработками вскрыта четко выраженная и хорошо проработанная зона окисления, которая оказалась уникальной по минеральному составу, что принесло месторождению мировую известность [16; 29]. В верхней части разреза фрагментарно развита кора выветривания мел-палеогенового возраста мощностью до 15 м. Зона окисления Рубцовского месторождения развита в интервале глубин с абсолютными отметками 137–167 м при мощности окисленных руд от 3–8 до 17–20 м. Подробно исследование зоны окисления приводится в работе [16], из которой можно сделать следующие выводы:

1) в разрезе зоны окисления сверху вниз выделяются подзоны полного выноса (железная шляпа), богатых окисленных руд и вторичного сульфидного обогащения;

2) существенное перераспределение рудообразующих и попутных ценных компонентов в гипергенном разрезе является следствием длительного существования зоны окисления;

3) формирование зоны окисления происходило на фоне нестабильной обстановки, выразившейся в колебании уровня грунтовых вод и неоднократной смене окислительно-восстановительной обстановки.

Палеозойские образования, включая кору выветривания, перекрыты чехлом песчано-глинистых неоген-четвертичных отложений мощностью 80–100 м. Территория месторождения находится в степной зоне. Ландшафт неоднородный, присутствует речная долина с частично пересохшим солончаковым руслом. Почвы черноземные средней мощностью 0,5 м, но сельскохозяйственная деятельность, в отличие от Захаровского месторождения, не ведется. Это связано с развитием солончаков. Пространственно они расположены непосредственно над рудной зоной и могут являться причиной аномалии по литохимической съемке.

Корбалихинское месторождение — самое крупное на северо-западе Алтая. Его юго-восточная часть открыта в 1959 г., а более богатая и расположенная на северо-западе участка залежь обнаружена в 1970-х годах. В ландшафтном отношении месторождение находится в предгорьях Колыванского хребта и характеризуется как предгорная лесостепь.

В геологическом строении месторождения выделяются две свиты (рис. 3): существенно осадочная - шипуновская и осадочно-вулканогенная — давыдовская. Последняя разделена на пять горизонтов. Второй горизонт этой свиты является основной рудовмещающей толшей [9]. В ее составе установлено переслаивание углистых алевролитов, туфопесчанников, песчаников, брекчий, гравелитов и реже туфов кислого состава. Мощность толщи неравномерная, составляя в центральной части 100-130 м, а к флангам уменьшаясь на северо-запад до 40-50 м и на юго-восток до 10-20 м. Руды слагают линзовидные и пластообразные тела. Мощность рудной зоны в целом не постоянная и изменяется от первых до нескольких десятков метров. Содержание металлов в руде – 18 %. По простиранию рудное тело прослеживается с юго-востока на северо-запад более чем на два километра. В этом же направлении отмечается его погружение на глубину с углом склонения 20°. В пределах северо-западного участка, где были



проведены исследования, руды существенно полиметаллические и колчеданно-полиметаллические. В северо-западной части месторождение перекрыто рыхлыми отложениями мощностью до 20 м.

Полученные результаты. Достоверность представляемых данных контролировалась по стандартным геохимическим методикам путем проведения контрольных наблюдений. По всем методам и для всех анализируемых химических элементов значения случайных средних отклонений концентраций не превышало 1,4, что меньше допустимого 1,6 [17].

Повторные наблюдения осуществлялись не только в пределах одного полевого сезона, но и ряда лет. В качестве примера на рис. 4 приведены результаты наблюдений МДИ с 1985 по 1989 г. по профилю VII Захаровского месторождения (положение профиля см. на рис. 1).

По результатам наблюдений положение аномальной зоны фиксируется устойчивыми повышенными значениями содержаний как свинца, так и меди. Например, в аномальной точке 180 м содержание свинца в пробах – 11,2 г/т при среднеквадратичном отклонении 2,3 г/т, а меди – 7,2 г/т при среднеквадратичном отклонении 1,3 г/т. Возможные пределы таких изменений будут показаны в дальнейшем при рассмотрении результатов детальных работ на каждом из исследованных участков.

При проведении геохимических работ на разведанных месторождениях необходимо учитывать возможность техногенного заражения проб извлеченным на поверхность рудным материалом (керном скважин и т. п.). Для оценки возможного техногенного заражения были проведены наблюдения МДИ с шагом 0.5 м по крестовым профилям, пересекающим устья скважин, вскрывших рудные интервалы. Вблизи большинства рудных скважин аномалий МДИ на дневной поверхности не выявлено. Однако аномальные концентрации меди и свинца были зафиксированы на расстоянии до 2-3 м от устьев разведочных скважин 189 и 542 Рубцовского месторождения, что совпадает с местоположением зумфов скважин. При удалении от этих скважин на большее расстояние наблюдались только фоновые содержания элементов. Фоновые содержания свинца и меди МДИ фиксировались также уже на глубинах 0,5 и 1 м непосредственно в районе техногенного заражения скважин. Учитывая эти данные, отбор проб на каждом из участков проводился на удалении не менее 5 м от мест заложения разведочных скважин, которые определялись по детальной карте результатов разведочных работ, любезно предоставленной сотрудниками Рудно-Алтайской ГРЭ и при их содействии.

Захаровское месторождение. Наблюдения комплексом методом проводились по двум профилям VII и XIII (см. рис. 1). Стандартной



литохимической съемкой была выявлена слабоконтрастная аномалия свинца только по профилю VII (рис. 5, *A*). По профилю XIII наблюдались фоновые содержания свинца и меди.

Результаты наблюдений МПФ и ТМГМ показали резкое увеличение концентраций свинца и меди в пределах проекции рудных тел на дневную поверхность (рис. 5, B-E).

При проведении работ МДИ по сети 20×50 м по профилям V–XVII были выявлены три аномальные зоны свинца и меди (см. рис. 1). Наиболее крупные из этих зон приурочены к проекции головных частей рудных тел на дневную поверхность.

При геофизических наблюдениях по профилю XIII в зоне проекции головы рудного тела на дневную поверхность по отношению к другим

участкам профиля зафиксировано уменьшение кажущегося удельного электрического сопротивления пород (с 10-12 до 6-7 Ом·м) с увеличением температуры почв (на 2-2,5 °C). Для выяснения причин понижения удельного электрического сопротивления почв проводилось измерение pH водных почвенных вытяжек. Вне аномальной, по геохимическим данным, зоны значения pH были довольно однородными слабощелочными и изменялись в пределах 8,0-8,2, в то время как в ее пределах они уменьшались до слабокислых и составляли в ее эпицентре 6,3-6,5.

В пределах наиболее обширной аномальной зоны в районе разведочного профиля XIII (см. рис. 1) проводились детальные наблюдения по сети 10 × 5 м комплексом геохимических



Рис. 5. Схематические геологические разрезы по профилям VII (И) и XIII (К) Захаровского месторождения и результаты наблюдений геохимическими методами

Пунктирные линии – уровни минимально аномальных содержаний для свинца (красная) и меди (зеленая). *А*, *Б* – стандартная литохимическая съемка; *В*, *Г* – МПФ; *Д*, *E* – ТМГМ; *Ж*, *3* – МДИ.

1-3 – отложения: 1 – неоген-четвертичные, 2 – неогеновые, 3 – девона; 4 – рудные тела; 5, 6 – графики распределения содержаний свинца (5) и меди (6)

методов. Наблюдения МПФ и атмохимическая съемка по металлам проводились только в пределах детализационной площади, по остальным методам — с выходом за ее пределы на 20 м в северо-западном направлении. Здесь и во всех других случаях положение контуров аномальных зон определялось по стандартной геохимической методике (табл. 2, рис. 6).

В табл. 2 приведены статистические параметры распределений концентраций свинца, меди и углекислого газа в пределах детализационной площади. В последних столбцах по каждому элементу даны значения площадей аномальных зон, выделенных на рис. 6.

Аномальная зона в пределах детализационной площади наблюдается только вблизи ее северного фланга. При этом отмечается тенденция к увеличению числа точек с аномальными концентрациями металлов (соответственно, и к возрастанию площади аномальной зоны) при использовании методов, основанных на анализе более подвижных форм нахождения химических элементов.

Наиболее широкий и полный спектр форм нахождения металлов фиксируется при валовом анализе пробы в ходе стандартной литохимической съемки. По этому методу в пределах детализационной площади аномалии с показателями контрастности 4,2–4 зафиксированы в пяти точках (рис. 6, *A*). Примерно в два раза большее количество аномальных точек наблюдается по ТМГМ (рис. 6, *Б*). При этом площади аномалий по свинцу и меди примерно одинаковые. По МПФ (рис. 6, *B*) отмечаются аномалия меди, примерно соответствующая контуру аномалии ТМГМ, и значительно меньшая по площади аномалия свинца.

Контуры аномалий МДИ приведены на рис. 6, \mathcal{J} . Площадь и контрастность аномалий свинца МДИ почти в два раза превышает площадь аномалий меди (табл. 2). В ряде проб была определена концентрация цинка, аномалии которого пространственно совпадают с аномалиями свинца и меди. В методах ЧИМ (рис. 6, E) и атмохимической съемке по металлам (рис. 6, Γ) площади аномальных зон примерно соответствуют аномальным зонам ТМГМ и МПФ.

В районе выявленных аномалий зафиксированы повышенные концентрации углекислого газа в подпочвенном воздухе (рис. 6, *Ж*). Их максимальные значения совпадают с максимальными по свинцу и меди (профиль 0). Наблюдаемые аномальные зоны, частично совпадающие по методам МДИ и ЧИМ, смещены в северо-восточном направлении от аномалий концентрации углекислого газа.

Максимальные концентрации металлов МДИ, ЧИМ, атмохимической съемки по металлам и CO₂ совпадают между собой. Эта зона характеризуется максимальными значениями температуры и минимальными – pH и удельного электрического сопротивления.

Сопоставление значений контрастности и площади аномалий (табл. 2) позволяет сделать вывод, что литохимическая съемка дает в несколько раз

Таблица 2

Параметры распределений содержаний свинца и меди в наложенных ореолах рассеяния, выявленные различными методами в пределах детальной площади Захаровского месторождения (сеть наблюдений 10 × 5 м)

Параметры	Литохи- мическая съемка	ТМГМ	ΜΠΦ	МДИ, поверх- ность	МДИ, глубина 2 м	ЧИМ	Атмохи- мия, Cu, Pb	Атм. съемка, СО ₂
			г/т			МКГ	нг/м ³	об. %
Свинец								
Φ оновое (C _ф)	15	20	0,2	0,6	0,25	2	11	0,1
Ст. отклонение (S)	10	10	0,1	0,3	0,1	1	7	0,08
Минимально аномальное $(C_{\phi} + 3S)$	45	50	0,5	1,5	0,5	5	32	0,34
Контрастность аномалии $(C_{\text{макс}} - C_{\phi})/S$	4,2	30	8	12	300	17	7	30
Площадь аномальной зоны, м ²	110	575	540	1010	145	520	460	660
Медь								
Φ оновое (C _ф)	25	30	0,1	0,25	0,1	1	40	
Ст. отклонение (S)	15	10	0,05	0,15	0,04	0,5	20	
Минимально аномальное $(C_{\phi} + 3S)$	70	60	0,25	0,7	0,21	2,5	100	
Контрастность аномалии $(C_{\text{макс}} - C_{\phi})/S$	4	7	12	55	500	24	6	
Площадь аномальной зоны, м ²	150	365	220	610	87	25	580	

меньшие значения, чем геоэлектрохимические методы, что обуславливается их физико-химической сущностью [13].

Изучение пространственной структуры наложенных ореолов рассеяния на Захаровском месторождении проводилось путем детализации аномальных зон и изучения распределения содержаний химических элементов на глубину до 2,5 м. На рис. 7 приведены результаты наблюдений МДИ по профилю, пересекающему эпицентр аномалии с варьирующим шагом наблюдений от 50 до 0,5 м (в последнем случае элементоприемники МДИ по линии профиля располагались последовательно друг за другом).

При шаге съемки 50 м аномальные содержания свинца и меди на профиле наблюдаются всего в одной точке. С уменьшением шага съемки до 20 м эта аномалия разделятся на две, при последующем уменьшении шага съемки до 0,5 м отмечается аномальная зона протяженностью 25 м. В пределах этой зоны фиксируются как обогащенные, так и несколько обедненные свинцом и медью участки. При этом смещение точки отбора проб всего на 0,5 м может приводить к двух- и трехкратному изменению концентраций. Однако содержание свинца в каждой отдельно взятой точке может считаться аномальным, так как превышает сумму фоновой концентрации и утроенного значения стандартного отклонения

Для изучения распределения концентраций химических элементов по глубине в пределах выявленной аномальной зоны было пройдено пять канав. Канавы 1 и 2 проходились в течение пяти дней с ежедневным углублением на 0,5 м. На каждом из горизонтов проводились наблюдения МДИ с шагом 0,5 м и анализом растворов на медь и свинец, а также определение содержаний углекислого газа. Следует отметить, что уже с глубины 0,5 м извлекаемый грунт имел зеленовато-серую окраску, но выброшенный на дневную поверхность в течение одного-двух дней приобретал бурый цвет, вероятно, из-за окисления на дневной поверхности соединений двухвалентного железа.

Распределения концентраций свинца, меди и углекислого газа по глубине канавы 2 приведены на рис. 8.

Наиболее интенсивные и широкие ореолы наблюдаются по свинцу МДИ (см. рис. 6, *Б*). По мере увеличения глубины наблюдаемые ореолы свинца и меди сужаются от 25 м на поверхности до 10 м на глубине 1,5 м. Наибольшая ширина ореола наблюдается в почвенном слое. Далее до глубины 2,5 м ширина аномальной зоны остается примерно постоянной. При этом сохраняется ее высокая контрастность. Особое значение, на наш взгляд, имеет удовлетворительная корреляция между собой содержаний металлов МДИ и углекислого газа. Возможно, этот газ, наряду с другими, в данном случае участвует в переносе металлов в виде струйных ореолов рассеяния [14; 23]. Канавы 3 и 4 проходились с целью прослеживания по площади ореолов на глубине 2 м после оперативного получения результатов по канавам 1 и 2. После прослеживания ореола по канаве 4 в его эпицентре была задана канава 5. Схема ореолов свинца и меди на глубине 2 м с положением пройденных канав приведена на рис. 9.

Из полученных данных следует резкое уменьшение площадей аномальных зон МДИ с глубиной (рис. 6, Ги 9). Предполагаемое простирание аномальной зоны между канавами 3 и 4 отмечено на рис. 9 пунктирной линией. Количественное сравнение площадей аномальных зон МДИ как свинца, так и меди показывает почти порядковое их уменьшение с увеличением глубины (табл. 2).

Рубцовское месторождение. На рис. 2 приведена карта распределения ореолов МДИ на площади Рубцовского месторождения. Наблюдаемый на поверхности ореол свинца в пределах изученной площади имеет размеры по простиранию рудного тела 450 м, а по направлению его падения – 250 м. Ореол меди МДИ значительно меньших размеров. На территории Рубцовского месторождения проводился целый комплекс геохимических работ. Статистические параметры распределения концентраций свинца и меди приведены в табл. 3.

Результаты наблюдений по профилю 4, пересекающему наиболее богатое и выходящее на эрозионный срез рудное тело мощностью 25 м (рис. 10), демонстрируют, что выход головы рудного тела фиксируется контрастными аномалиями МДИ, ЧИМ и менее контрастной МПФ. Аномалия ТМГМ смещена на 100 м в сторону падения рудного тела. В этом же месте наблюдается и аномалия стандартной литохимической съемки. Следует отметить, что положение двух последних аномалий совпадает с сильно засолоненным руслом ручья. В целом распределение форм нахождения элементов такое же, как на Захаровском месторождении: аномалия ТМГМ совпадает с валовой концентрацией элементов в почвах, но более контрастна; аномалия МПФ более протяженная и менее контрастная, чем по электроподвижным (ЧИМ), подвижным и слабозакрепленным (МДИ) формам нахождения.

Результаты детализационной съемки МДИ с шагом 0,5 м (рис. 10, *Ж*) позволяют сделать вывод, что на всем интервале 300–319 м наблюдаются только фоновые содержания свинца и меди. В интервале 320–365 м фиксируется аномальная зона протяженностью 45 м.

Следует отметить, что, по геологическим данным, проекция головы рудного тела на дневную поверхность приходится на интервал 320–335 м профиля 4 (см. рис. 2). Наиболее интенсивные аномалии отмечаются на двадцати пятиметровом интервале 330–345 м. В интервале 335–345 м амплитуда аномалии меди превышает таковую у свинца.

В пределах выявленной аномалии (см. рис. 2) на площади 80×50 м проведена съемка МДИ по сети 10×10 м (рис. 11).





Рис. 6. Карты распределения аномальных содержаний элементов на дневной поверхности в пределах детализационной площади Захаровского месторождения

A – литохимическая съемка; B – ТМГМ; B – МПФ; I – атмохимическая съемка на металлы; *Ц* – МДИ; *E* – ЧИМ; *Ж* – атмохимическая съемка подпочвенного воздуха на СО₂. I – контур детализационной площади; 2–4 – ореолы аномальных содержаний: 2 – свинца, 3 – меди, 4 – углекислого газа



Рис. 7. Схематический геологический разрез по профилю XIII Захаровского месторождения (A) и графики извлечения свинца МДИ с различным шагом съемки и профи-лям VII (b, B) и 0 детализационной плошади (I)

Шаг отбора проб по профилю XIII: **Б** – 50 м, **В** – 20 м; по профилю 0 детализационной площади **Г** – 0,5 м. Усл. обозн. разреза см. на рис. 5



Рис. 8. Распределение содержаний химических элементов МДИ: свинца (*a*), меди (б) и углекислого газа (в) в разрезе канавы 2 (интервал DE по профилю 0 детализационной площади)



Рис. 9. Ореолы свинца (а) и меди (б) МДИ на глубине 2 м в пределах детализационной площади Захаровского месторождения

1 — контур детализационной площади; 2 — положение канав и их номера; 3, 4 — зоны аномальных содержаний свинца с контрастностью 3–5 (3) и > 5 (4); 5, 6 — зоны аномальных содержаний меди с контрастностью 3–5 (5) и > 5 (6); 7 — предполагаемое положение аномальной зоны на глубине 2 м

Таблица 3

Параметры	Литохимиче- ская съемка	ТМГМ	ΜΠΦ	МДИ, по- верхность	МДИ, глу- бина 1,2 м	ЧИМ	
	Г/Т						
Свинец							
Φ оновое (C _ф)	20	30	0,25	0,7	0,22	3	
Ст. отклонение (S)	15	20	0,07	0,35	0,11	1	
Минимально аномальное (C_{ϕ} + 3S)	75	90	0,41	1,75	0,55	6	
Контрастность аномалии ($C_{Makc} - C_{\phi}$)/S	7	55	30	40	720	40	
Медь							
Фоновое (C_{ϕ})	35	40	0,1	0,35	0,11	2	
Ст. отклонение (S)	15	15	0,05	0,13	0,06	1	
Минимально аномальное (C_{ϕ} + 3S)	80	85	0,25	0,75	0,3	5	
Контрастность аномалии $(C_{_{MAKC}} - C_{\varphi})/S$	4	5	8	95	900	16	

Параметры распределений содержаний свинца и меди в наложенных ореолах рассеяния, выявленные различными методами в пределах Рубцовского месторождения



Рис. 10. Результаты наблюдений комплексом методов по профилю 4 Рубцовского месторождения

Пунктирные линии – уровни минимально аномальных содержаний для свинца (красная) и меди (зеленая). *А* – стандартная литохимическая съемка; *Б* – ТМГМ с шатом 50 м; *B* – МПФ с шатом 20 м; *I* – ЧИМ с шатом 20 м; *I* – МДИ с шатом 20 м с указанием положения профиля AB сплошного опробования; *E* – схематический геологический разрез; Ж - графики распределения свинца и меди МДИ по линии АВ профиля 4 с шагом 0,5 м.

1, 2 – графики содержаний свинца (1) и меди (2); 3–10 – обозначения к разрезу E: 3–8 – отложения: 3 – неоген-четвертичные, 4 – неогеновые, 5 – мел-палеогеновые, *б* – нижнего карбона, 7 – верхнего девона, 8 – среднего девона, 9 – рудное тело, 10 – нижняя граница коры выветривания

87



Рис. 11. Распределение наложенных ореолов свинца и меди МДИ по сети 10×10 м в пределах детализационной площади Рубцовского месторождения

a — на дневной поверхности; δ — на глубине 0,5 м; a — положение точек отбора проб МДИ на глубине 1,2 м.

1–3 – контуры: детализационной площади (1), наложенных ореолов МДИ свинца (2) и меди (3); 4 – положение канавы глубиной 1,2 м; 5, 6 – точки опробования по канаве с фоновыми (5) и аномальными (6) содержаниями свинца и меди МДИ (для точек с аномальными содержаниями указаны номера)

На этой площади отмечена аномальная зона по свинцу и меди шириной 30 м и протяженностью 60 м. Часть аномальной зоны площадью 60 × 40 м, выделенная пунктиром на рис. 11. а. была зачишена скрепером на глубину 0,5 м с последующим проведением работ МДИ по сети 5 × 5 м. На глубине 0,5 м эта аномальная зона разделилась на две: южную и северную (рис. 11, б). В пределах южной аномальной зоны были проведены исследования на глубине 1,2 м, в результате которых выявлена аномалия МДИ (рис. 11, в) с контрастностью, превышающей таковую у аномалий на Захаровском месторождении в целом (см. табл. 3), что можно объяснить условиями залегания рудых тел (слепо-погребенное и погребенное), более богатыми рудами и интенсивной зоной окисления.

Корбалихинское месторождение. Рудные тела этого месторождения находятся в слепом залегании. Мощность аллохтонных отложений значительно меньше, чем на рассмотренных ранее участках. На рис. 12 приведены результаты наблюдений МДИ и ЧИМ по линии АВ (см. рис. 3), пересекающей проекции рудных тел на дневную поверхность. При перемещении по профилю с юго-запада на северо-восток наблюдается синхронность проявления аномалий МДИ и ЧИМ. Первые аномальные точки отмечаются непосредственно в пределах выхода на дневную поверхность рудовмещающей толщи, где на сравнительно небольшой глубине наблюдаются небольшие рудные тела, перекрытые рыхлыми отложениями мощностью до 20 м. Аномальные значения содержаний свинца в 3-4 раза превышают аномалии меди. С 360 по 400 м профиля наблюдаются практически фоновые содержания свинца и слабоконтрастные аномалии меди МЛИ. Интенсивные аномалии меди и свинца как МДИ, так и ЧИМ отмечаются в районе 600-650 м профиля, что соответствует изменениям состава металлов в руде.

В пределах одной из аномальных зон на площади 120×120 м проведены более детальные наблюдения МДИ по сети 20×40 м по профилю CD (рис. 12, 13).

Аномальная зона по свинцу (рис. 13, *a*) занимает больше половины исследуемой площади, в то время как по меди выявлены аномалии значительно меньших размеров. В пределах площади, обведенной на рис. 13, *a* пунктиром, проведены детализационные наблюдения МДИ по сети 5 × 5 м. Элементоприемники устанавливались на дно шпуров диаметром 0,8 м и глубиной 2 м. В табл. 4 приведены параметры распределений содержаний химических элементов.

По отношению к ранее рассмотренным Захаровскому и Рубцовскому месторождениям фоновые содержания свинца и меди МДИ на дневной поверхности на Корбалихинском месторождении оказались выше в 1,3 раза, а на глубине 2 м по меди — практически в 3 раза, что, очевидно, связано с небольшой мощностью перекрывающих



Рис. 12. Схематический геологический разрез по профилю АВ (см. рис. 3) Корбалихинского месторождения (в) и графики распределения содержаний свинца и меди МДИ (а) и ЧИМ (б) по этому профилю

Пунктирные линии — уровни минимально аномальных содержаний для свинца (красная) и меди (зеленая). *1* – рудные тела; *2* – рыхлые отложения; *3* – линия профиля CD на площади детализационных работ; *4*, *5* – графики распределения содержаний свинца (*4*) и меди (*5*) МДИ по профилю AB. Остальные обозн. см. на рис. 3



Рис. 13. Контуры аномальных зон свинца и меди МДИ на площади Корбалихинского месторождения на дневной поверхности (*a*) и глубине 2 м (*б*)

1 — площадь опробования на глубине 2 м; 2 — отрезок CD профиля AB (см. рис. 3); 3 — положение точек отбора проб; 4, 5 — контуры аномальных зон свинца (4) и меди (5)



Таблица 4

Параметры распределений содержаний свинца и меди МДИ в пределах детализационной площади Корбалихинского месторождения

Параметры	МДИ, поверх- ность	МДИ, глубина 2 м	ЧИМ
	Г/	МКГ	
Свинец			
Фоновое (Сф)	0,84	0,33	2
Ст. отклонение (S)	0,12	0,09	1
Минимально ано- мальное (С _ф + 3S)	1,2	0,68	5
Контрастность ано- малии ($C_{\text{макс}} - C_{\phi}$)/S	17,4	17	46
Медь			
Φ оновое (C _ф)	0,47	0,29	1,5
Ст. отклонение (S)	0,17	0,1	0,5
Минимально ано- мальное (С _ф + 3S)	0,98	0,59	3
Контрастность ано- малии ($C_{\text{макс}} - C_{\phi}$)/S	9	4,6	23

отложений. Максимальная контрастность аномалий МДИ на Корбалихинском месторождении несколько ниже, чем на рассмотренных ранее участках.

Площади аномальных зон свинца и меди МДИ на глубине 2 м составляют соответственно 215 и 130 м² (рис. 13, δ). Сравнивая площади аномальных зон на дневной поверхности (по свинцу практически всю площадь 1050 м² можно считать аномальной) и на глубине 2 м отметим, что с увеличением глубины площадь аномальной зоны сократилась в 5 раз.

Обсуждение результатов. Несмотря на сложные условия применения геохимических методов (большая мощность перекрывающих рыхлых отложений, слепое залегание рудных тел), на всех участках удалось обнаружить на дневной поверхности наложенные ореолы рассеяния глубокозалегающих рудных тел. Ширина ореолов на Захаровском и Рубцовском месторождениях вкрест простирания рудных тел составляет 50-200 м, а по простиранию – 50–500 м. Для выявления таких ореолов при шаге отбора проб 50 м следует принимать во внимание даже отдельные точки с аномальными содержаниями элементов. По профилю, пересекающему Корбалихинское месторождение, отмечена широкая аномальная зона протяженностью не менее 900 м.

При уменьшении шага отбора проб до 10–20 м обнаруженные аномалии разделяются на несколько зон площадью 500–1000 м² на Захаровском и Рубцовском месторождениях. При более детальных исследованиях (сеть 10 × 5 м) ореолы фиксируются всеми геохимическими методами, включая стандартную литохимическую съемку

(см. рис. 6, A), и пространственно совпадают. Появление ореола валовых концентраций химических элементов может объясняться наличием геохимического барьера вблизи дневной поверхности (в данном случае – почва, насыщенная органическим веществом). На таком барьере часть металлов переходит в более закрепленные формы нахождения. Некоторые из них, мигрирующих из глубины с потоком газа, могут фиксироваться и в приповерхностном слое воздуха (см. рис. 6, E). Вместе с тем намечается тенденция увеличения площади ореола с увеличением подвижности анализируемых форм нахождения металлов.

Контрастность выявленных аномалий также зависит от изучаемых форм их нахождения. Наибольшая контрастность наблюдается в МДИ, ТМГМ и ЧИМ (см. табл. 2, 3). На месторождениях с развитой зоной окисления, хотя и более глубоко погребенными рудными телами (Захаровское и Рубцовское), коэффициент контрастности аномалий выше, чем на Корбалихинском. В свою очередь на Рубцовском месторождении с наиболее сильно выраженной корой выветривания контрастность аномалий выше, чем на Захаровском. Это позволяет предположить, что зона окисления, несмотря на значительную мощность перекрывающих отложений, – мощный источник ореолообразования.

Детальное изучение ореолов МДИ (с шагом 0,5 м, см. рис. 7, Г и 10, Ж) продемонстрировало существенную неравномерность распределения металлов. При этом распределение аномальных содержаний (разность между концентрацией в точке наблюдения и фоновым значением) не противоречит логнормальному закону (расчетные значения критерия Колмогорова не превышают 0,5), который часто встречается при описании природных процессов. Сравнение расчетных средних содержаний свинца и меди МДИ в аномальных зонах Рубцовского и Захаровского месторождений (18 и 8 г/т соответственно) показывает, что первые более чем в два раза больше вторых. Контрастность аномалий свинца и меди МДИ на Рубцовском месторождении также выше, чем на Захаровском. Таким образом, аномальные содержания металлов в ореолах Рубцовского месторождения выше, чем Захаровского при сравнительно одной и той же мощности перекрывающих отложений. Такое соотношение может быть связано с более интенсивным протеканием процессов окисления руд и развитием мощной коры выветривания на Рубцовском месторождении. Процессы окисления способствуют переходу металлов из сульфидных форм нахождения в подвижное состояние и интенсифицируют образование наложенных ореолов рассеяния, в том числе струйных.

Вновь приведенные данные по изучению распределения содержаний свинца и меди по глубине (см. рис. 8) соответствуют предложенной ранее гипотезе о струйной миграции веществ при образовании наложенных ореолов. Пространственное соответствие распределений концентраций углекислого газа, свинца и меди МДИ по глубине (см. рис. 8, *в*) доказывает, что и этот газ, образующийся, в частности, в зоне окисления сульфидных руд, наряду с другими глубинными газами (метаном, водородом), может являться переносчиком металлов.

При сравнении площадей аномальных зон на различных горизонтах отбора проб для всех трех рассмотренных участков можно заметить их резкое уменьшение с глубиной (рис. 14). На глубине 0,5 м, фактически на границе почвенного слоя, площадь аномальной зоны по отношению к дневной поверхности уменьшается более чем в два раза. На глубине 1-1,5 м графики выходят на асимптоту. На этих глубинах площадь аномалии уменьшается почти на порядок по отношению к площади на дневной поверхности. При этом на месторождениях с большой мощностью перекрывающих рыхлых отложений и развитой зоной окисления контрастность аномалий с глубиной опробования резко возрастает за счет уменьшения значений фоновых концентраций. Такие изменения необходимо учитывать при проведении работ, а особенно при выборе горизонта опробования.

Проблема резкого изменения размеров ореолов в разрезе аллохтонных отложений большой мощности, в частности на Рубцовском месторождении, отмечалась Ю. Е. Саетом [26] и заслуживает обсуждения в отдельной работе.

Зона наложенного ореола в физических полях характеризуется пониженным электрическим сопротивлением и повышенной температурой. Повышение температуры, вероятно, связано с протеканием на глубине экзотермических реакций преобразования (в частности окисления) сульфидных руд [28]. Использование этих характеристик для поисковых работ впервые было описано в прекрасной работе Н. И. Сафронова [25]. Одновременно наблюдается и уменьшение значений pH почв, отмечаемое G. J. S. Govett в качестве одного из поисковых критериев рудных месторождений [37]. Наряду с изменением рН могут меняться и потенциалы, измеряемые с помощью ионоселективных электродов [31]. К сожалению, эти характеристики почв в настоящее время практически не используются при проведении геохимических наблюдений. Можно предположить, что в пределах выявляемых струй могут изменяться и другие физические и физико-химические характеристики горных пород, в частности скорости распространения упругих волн, пористость, плотность, коэффициенты фильтрации [18] и пр.

Выводы. Подтверждена эффективность применения методов, основанных на селективном анализе форм нахождения химических элементов в почвах для выявления наложенных ореолов рассеяния глубокозалегающих колчеданно-полиметаллических рудных месторождений.

При детальном изучении ореолов выявлено их мозаичное строение, при котором ореол распадается на аномальные зоны площадью



Рис. 14. Зависимость относительной площади аномальных зон свинца и меди МДИ от глубины отбора проб для участков

1, 2 – Захаровский (1 – Рb, 2 – Сu); *3*, 4 – Рубцовский (3 – Рb, 4 – Сu); *5*, 6 – Корбалихинский (5 – Рb, 6 – Сu)

в первые сотни квадратных метров. Их площади зависят от анализируемых форм нахождения химических элементов. Формирование ореола подвижных форм нахождения химических элементов сопряжено с вторичным закреплением и накоплением элементов вплоть до формирования аномалий валовых концентраций в виде оторванных ореолов. Однако последние аномалии менее контрастны и меньше по площади, чем аномалии в подвижных и слабозакрепленных формах нахождения, что приводит к низкой эффективности применения литохимической съемки на закрытых территориях. Наглядным примером служит тот факт, что полученная в 1960-е годы аномалия над Захаровским месторождением была признана неперспективной.

В аномальных зонах наблюдается крайне неравномерное распределение содержаний химических элементов и выделяются отдельные эпицентры аномалий с крайне высокими значениями (струи миграции). В пределах струй отмечается связь содержаний металлов и газов, в частности меди и свинца с углекислым газом. Указанный факт свидетельствует в пользу гипотезы газовопузырькового конвективного механизма формирования струйного ореола.

С увеличением глубины отбора проб струя локализуется, ее площадь на глубине 2–2,5 м уменьшается на порядок по отношению к дневной поверхности. По этой причине для надежного выявления таких ореолов при более редкой сети отбора проб не следует опробовать горизонты разреза ниже почвенных.

Контрастность выделяемых аномалий зависит не только от вещественного состава руд и содержаний рудных элементов в них, но и степени их окисления. С возрастанием степени окисления интенсивность и контрастность выделяемых аномалий увеличивается. Небольшие зоны минерализации вблизи дневной поверхности могут создавать аномалии, сравнимые по интенсивности с массивными глубокозалегающими рудными объектами. При анализе получаемых аномалий важно это учитывать для исключения ошибок в интерпретации результатов.

При шаге опробования 50 м и более следует принимать во внимание даже отдельные точки с аномальными содержаниями химических элементов. Для более надежного опоискования территорий можно рекомендовать применение комплекса геохимических (в том числе геоэлектрохимических) методов, показавших свою эффективность в данном регионе, в частности ТМГМ и МДИ. При этом использование лабораторного варианта МДИ снижает затраты на отбор проб, так как экстракция металлов проводится в лабораторных условиях из разных навесок одной и той же пробы.

В пределах выявленных ореолов наблюдается изменение физических свойств: уменьшение удельного электрического сопротивления почв и значений показателя pH (рост кислотности), увеличение температуры почв. Эти факты могут служить признаками наличия процессов формирования ореола. Поэтому параллельно с геохимическими методами следует анализировать и физико-химические параметры верхнего горизонта разреза.

Авторы благодарны своим учителям и создателям геоэлектрохимических методов поисков Н. И. Сафронову, Ю. С. Рыссу и И. С. Гольдбергу. В выполнении полевых работ неоценимую помощь оказал Е. В. Холмогоров, а при проведении работ и обсуждении результатов – геологи и геофизики ПГО «Запсибгеология» В. М. Чекалин, А. К. Сухарев, В. Н. Паршин и сотрудник ПГО «Центргеология» В. М. Вильдяев.

3. Алексеев С. Г. Структура наложенных ореолов рассеяния глубокозалегающих полиметаллических месторождений (на примере Алтайского Края) / С. Г. Алексеев, С. А. Вешев, Н. А. Ворошилов и др. // Записки горного института. – 2011. – Т. 194. – С. 124–127.

4. Антропова Л. В. Опыт изучения вторичных ореолов рассеяния в условиях большой мощности рыхлых отложений на Рудном Алтае // Методика и техника разведки. – Л.: ОНТИ ВИТР, 1961. – № 24. – С. 42–50.

5. Антропова Л. В. Формы нахождения элементов в ореолах рассеяния рудных месторождений. — Л.: Недра, 1975. — 145 с.

6. Вейхер А. А., Василькова Г. Ф. Полярографический метод анализа на вращающемся твердом электроде. – Л.: ОНТИ ВИТР, 1978. – С. 19–24.

7. Ворошилов Н. А. Новый способ поисков месторождений полезных ископаемых на закрытых территориях / Н. А. Ворошилов, Л. Н. Ворошилова, С. А. Вешев, С. Г. Алексеев // Российский геофизический журнал. – 2002. – № 29–30. – С. 25–33.

8. Ворошилов Н. А., Алексеев С. Г., Штокаленко М. Б. Поиски рудных месторождений по наложенным ореолам рассеяния // Российский геофизический журнал. – 2016. –№ 55–56. – С. 10–38.

9. Гаськов И. В., Дистанов Э. Г., Миронова Н. Ю., Чекалин В. М. Колчеданно-полиметаллические месторождения верхнего девона северо-западной части Рудного Алтая. – Новосибирск: Наука, 1991. – 121 с.

10. Гольдберг И. С., Иванова А. В., Рысс Ю. С. Поиски и разведка рудных месторождений методом ЧИМ. – Л.: ОНТИ ВИТР, 1978. – 75 с.

11. Горный В. И, Шилин Б. Н. Развитие идей Н. И. Сафронова применительно к задачам тепловой аэрокосмической съемки // Сафроновские чтения: сб. докл. – СПб.: ВИРГ-Рудгеофизика, 1993. – Т. 1. – С. 48–57.

12. Духанин А. С., Снигерев Ю. А., Федорова Г. П. Применение индуктивно-связанной плазмы для спектрального анализа геохимических проб // Высокочастотный индуктивно-связанный разряд в эмиссионном спектральном анализе. – Л.: Наука, 1987. – С. 216–221.

13. Духанин А. С. Физико-химическая сущность и возможности геохимических методов поисков по наложенным ореолам рассеяния / А. С. Духанин, Ю. С. Рысс, И. С. Гольдберг, Н. А. Ворошилов, Е. М. Квятковский // Известия вузов. Геология и разведка. – 1989. – № 3. – С. 53–61.

14. Духанин А. С. Опыт использования метода диффузионного извлечения металлов для поисков глубокозалегающих месторождений // Методы разведочной геофизики. Использование геоэлектрохимических методов при поисках и разведки рудных месторождений: Сб. науч. тр. – Л.: НПО «Рудгеофизика», 1989. – С. 99–109.

15. Зырянова Л. А. Перит РbBiO₂Cl из Захаровского месторождения (Северо-Западный Алтай) – Первая находка в России / Л. А. Зырянова, И. В. Пеков, В. Щ. Япоскурт, С. Н. Бритвин // Вестник Томского государственного университета. –2015. – № 395. – С. 241–243.

16. Зырянова Л. А. Состав и строение зоны окисления Рубцовского колчеданно-полиметаллического месторождения (Рудный Алтай) / Л. А. Зырянова, И. В. Пеков, К. В. Толочко, Н. Д. Литвинов, И. А. Ерзаков // Минералогия, геохимия и полезные ископаемые Азии. – Томск, 2013. – Вып. 2. – С. 90–103.

17. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. — М.: Недра, 1983. — 191 с.

18. Лаломов Д. А., Глазунов В. В. Оценка коэффициента фильтрации песчано-глинистых грунтов на основе совместной интерпретации данных метода сопротивления и георадиолокации // Записки горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 3–12.

19. Путиков О. Ф. Основы теории нелинейных геоэлектрохимических методов поисков и разведки. – СПб.: СПбГУ, 2009. – 534 с.

20. Путиков О. Ф., Духанин А. С., Машьянов Н. Р. К обоснованию физико-математической модели «струйных» ореолов рассеяния // Российский геофизический журнал. –1994. – № 2. – С. 5–10.

21. Путиков О. Ф., Духанин А. С. О возможном механизме формирования «струйных» ореолов рассеяния // Докл. РАН СССР. – 1994. – Т. 338, № 2. – С. 219–221.

22. Рысс Ю. С. Геоэлектрохимические методы разведки. – Л.: Недра, 1983. – 255 с.

23. Рысс Ю. С. Струйная миграция вещества в образовании вторичных ореолов рассеяния / Ю. С. Рысс, И. С. Гольдберг, С. Г. Алексеев, А. С. Духанин // ДАН СССР. – 1987. – Т. 297, № 4. – С. 956–958.

24. Рысс Ю. С. Возможности применения геоэлектрохимических методов для поисков нефтегазовых месторождений / Ю. С. Рысс, И. С. Гольдберг, В. И. Васильева, Н. А. Ворошилов // Советская геология. – 1990. – № 6. – С. 28–33.

^{1.} Алексеев С. Г., Гольдберг И. С., Духанин А. С. Закономерности электрохимического извлечения элементов в простейших физико-химических системах // Исследование и применение электрохимических процессов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. – Л.: ВИРГ-Рудгеолфизика, 1981. – С. 38–48.

^{2.} Алексеев С. Г., Гольдберг И. С., Духанин А. С. Влияние диффузионных потенциалов на перенос ионов в земле // Геохимия. – 1989. – № 5. – С. 758–761.

25. Сафронов Н. И. К вопросу об «ореолах рассеяния» месторождений полезных ископаемых и их использовании при поисках и разведке // Проблемы советской геологии. – 1936. – Т. VI, № 4. – С. 302–323.

26. Сает Ю. Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. — М.: Наука, 1982. — 168 с.

27. Соколов С. В., Приходько Е. Ф., Марченко А. Г. Создание современных концептуальных физико-химических основ формирования на закрытых территориях наложенных сорбционно-солевых ореолов в верхней части чехла рыхлых отложений // Региональная геология и металлогения. – 2015. – № 61. – С. 111–114. 28. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных место-

28. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1951. – 334 с.

29. Чекалин В. М. Геолого-генетические особенности Рубцовского месторождения полиметаллических руд на Рудном Алтае // Строение рудных месторождений. – 2002. – № 1. – С. 23–31.

30. Чекалин В. М. Вклад Томской школы геологов в создание и освоение минерально-сырьевой базы северозападного Алтая // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В. А., Усова М. А., Урванцева Н. Н. до наших дней: материалы Всерос. форума с междунар. участием. – Томск, 2013. – С. 94–101.

31. Холмянский М. А., Павлов С. П., Путиков О. Ф. Использование геоэлектрохимического метода при поисках нефтегазовых залежей в Баренцевом и Карском морях // Записки горного института. – 2015. – Т. 215. – С. 25–29.

32. Alekseev S. G. Some aspects of use geoelectrochemical methods of exploration deep-seated mineralization / S. G. Alekseev, A. C. Dukhanin, S. A. Veshev, N. A. Voroshilov // Journal of Geochemical Exploration. – 1996. – Vol. 56, N 1. – Pp. 79–86.

33. Antropova L. V. New methods of regional exploration for blind mineralization: application in the USSR / L. V. Antropova, I. S. Goldberg, N. A. Voroshilov, Yu. S. Ryss // Journal of Geochemical exploration. – 1992. – Vol. 43, N 2. – Pp. 157–166.

34. Barringer A. R. Method and apparatus for sensing substances by analyses of adsorbed matter associated with atmospheric particles. US Patent N 3768302. – 1973.

35. Cameron E. M. Finding deeply buried deposits using geochemistry / E. M. Cameron, S. M. Hamilton, M. I. Leybourne, G. E. M. Hall, M. B. McClenaghan // Geochimistry: Exploration, Environment, Analysis. – 2004. – Vol. 4. – Pp. 7–32.

36. Cameron E. M. Geochemical anomalies in nortern Chile as a surface expression of the extended supergene metallogenesis of buried copper deposits / E. M. Cameron, M. I. Leybourne, M. Rich, C. Palacios // Geochimistry: Exploration, Environment, Analysis. – 2010. – Vol. 10. – Pp. 157–169.

37. Govett G. J. S. Detection of deeply buried and blind sulphide deposits by measurement of H^+ and conductivity of closely spaced surface soil samples // Journal of Geochemical Exploration. – 1976. – Vol. 6. – Pp. 359–382.

38. Hale M. Gas geochemistry and deeply buried mineral deposits: the contribution of the Applied Geochemistry Research Group, Imperial College of Science and Technology, London // Geochimistry: Exploration, Environment, Analysis. – 2010. – Vol. 10. – Pp. 261–267.

39. Hall G. E. M., Hamilton S. M., McClenaghan M. B., Cameron E. M. Secondary geochemical signatures in glaciated terrain // Predictive discovery under cover. SEG Symposium Papers, 2004.

40. Krčmár B. New atmogeochemical methods in ore and fluorite exploration // Sbor. geol. ved. Uzita geofyz. – 1983. – N 18. – Pp. 191–204.

41. Putikov O. F., Wen B. Geoelectrochemistry and stream dispersion. Chapter 2 // Geochemical Remote Sensing of the Subsurface: Handbook of Exploration Geochemistry / M. Hale. – Amsterdam: Elsevier, 2000. – Vol. 7. – Pp. 17–79.

1. Alekseev S. G., Gol'dberg I. S., Dukhanin A. S. Patterns of electrochemical extraction of elements in the simplest physical and chemical systems. *Research and application of electrochemical processes in the search and exploration of mineral deposits*. Leningrad: VIRG-Rudgeolfizika. 1981. Pp. 38–48. (In Russian).

2. Alekseev S. G., Gol'dberg I. S., Dukhanin A. S. Influence of diffusion potentials on ion transport in the earth. *Geohimija*. 1989. No. 5, pp. 758–761. (In Russian).

3. Alekseev S. G., Veshev S. A., Voroshilov N. A. The structure of superimposed dispersion halos of deep-lying polymetallic deposits (on the example of the Altai Territory. *Zapiski gornogo instituta*. 2011. Vol. 194, pp. 124–127. (In Russian).

4. Antropova L. V. Experience in the study of secondary dispersion halos under conditions of high power of loose deposits in the Rudny Altai. *Metodika i tehnika razvedki*. Leningrad: ONTI VITR. 1961. No. 24, pp. 42–50. (In Russian).

5. Antropova L. V. Formy nahozhdenija jelementov v oreolah rassejanija rudnyh mestorozhdenij [Forms of finding elements in aureoles of dispersion of ore deposits]. Leningrad: Nedra. 1975. 145 p.

6. Vejher A. A., Vasil'kova G. F. Poljarograficheskij metod analiza na vrashhajushhemsja tverdom jelektrode [Polarographic method of analysis on a rotating solid electrode]. Leningrad: ONTI VITR. 1978. Pp. 19–24.

7. Voroshilov N. A., Voroshilova L. N., Veshev S. A., Alekseev S. G. A new way to search for mineral deposits in closed territories. *Rossijskij geofizicheskij zhurnal.* 2002. No. 29–30, pp. 25–33. (In Russian).

8. Voroshilov N. A., Alekseev S. G., Shtokalenko M. B. Searches for ore deposits by superimposed dispersion halos. *Rossijskij geofizicheskij zhurnal.* 2016. No. 55–56, pp. 10–38. (In Russian).

9. Gas'kov I. V., Distanov Je. G., Mironova N. Ju., Chekalin V. M. Kolchedanno-polimetallicheskie mestorozhdenija verhnego devona Severo-Zapadnoj chasti Rudnogo Altaja [Pyrite-polymetallic deposits of the Upper Devonian of the North-Western part of the Rudny Altai]. Novosibirsk: Nauka. 1991. 121 p.

10. Gol'dberg I. S., Ivanova A. V., Ryss Yu. S. Poiski i razvedka rudnyh mestorozhdenij metodom ChIM [Searches and exploration of ore deposits by the ChIM method]. Leningrad: ONTI VITR. 1978. 75 p.

11. Gornyj V. I., Shilin B. N. The development of N. I. Safronov's ideas as applied to the tasks of thermal aerospace photography. *Safronov readings: collection of docs.* St. Petersburg: VIRG-Rudgeofizika. 1993. Vol. 1, pp. 48–57. (In Russian).

12. Dukhanin A. S., Snigerev Ju. A., Fedorova G. P. Use of inductively coupled plasma for spectral analysis of geochemical samples. *High-frequency inductively coupled discharge in emission spectral analysis*. Leningrad: Nauka. 1987, pp. 216–221. (In Russian).

13. Dukhanin A. S., Ryss Ju. S., Gol'dberg I. S., Voroshilov N. A., Kvjatkovskij E. M. Physico-chemical nature and possibilities of geochemical methods of searches for superimposed scattering halos. *Izvestija vuzov. Geologija i razvedka*. 1989. No. 3, pp. 53–61. (In Russian).

14. Dukhanin A. S. Experience in using the method of diffusion extraction of metals to search for deep deposits. *Methods* of exploration geophysics. The use of geoelectrochemical methods in the search and exploration of ore deposits: Collection of scientific papers. Leningrad: NPO «Rudgeofizika». 1989. Pp. 99–109. (In Russian).

15. Zyrjanova L. A., Pekov I. V., Japoskurt V. Shch., Britvin S. N. Perit PbBiO₂Cl from the Zakharovskoye field (North-West Altai) – The first find in Russia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. No. 395, pp. 241–243. (In Russian).

16. Zyrjanova L. A., Pekov I. V., Tolochko K. V., Litvinov N. D., Erzakov I. A. Composition and structure of the oxidation zone of the Rubtsovsky pyrite-polymetallic deposit (The Rudny Altai). *Mineralogy, geochemistry and minerals of Asia*. Tomsk. 2013. Iss. 2, pp. 90–103. (In Russian).

17. Instrukcija po geohimicheskim metodam poiskov rudnyh mestorozhdenij [Instructions on geochemical methods of prospecting ore deposits]. Moscow: Nedra. 1983. 191 p.

18. Lalomov D. A., Glazunov V. V. Estimation of the filtration coefficient of sandy clay soils based on a joint interpretation of the data of the resistance method and GPR. *Zapiski gornogo instituta*. 2018. Vol. 229, pp. 3–12. (In Russian).

19. Putikov O. F. Osnovy teorii nelinejnyh geojelektrohimicheskih metodov poiskov i razvedki [Fundamentals of the theory of nonlinear geoelectrochemical methods of prospecting and exploration]. St. Petersburg: SPbGU. 2009. 534 p.

20. Putikov O. F., Dukhanin A. S., Mash'janov N. R. On the justification of the physical and mathematical model of "jet" scattering halos. *Rossijskij geofizicheskij zhurnal*. 1994. No. 2, pp. 5–10. (In Russian).

21. Putikov O. F., Dukhanin A. S. On a possible mechanism for the formation of "jet" scattering halos. *Dokl. RAN*. 1994. Vol. 338. No. 2, pp. 219–221. (In Russian).

22. Ryss Ju. S. Geojelektrohimicheskie metody razvedki [Geoelectrochemical methods of intelligence]. Leningrad: Nedra. 1983. 255 p.

23. Ryss Yu. S., Goldberg I. S., Alekseev S. G., Dukhanin A. S. Goldberg Inkjet migration of matter in the formation of secondary dispersion halos. *DAN SSSR*. 1987. Vol. 297. No. 4, pp. 956–958. (In Russian).

24. Ryss Ju. S., Gol'dberg I. S., Vasil'eva V. I., Voroshilov N. A. Possibilities of applying geoelectrochemical methods for the search for oil and gas fields. *Sovetskaja geologija*. 1990. No. 6, pp. 28–33. (In Russian).

25. Safronov N. I. On the issue of "halos of dispersal" of mineral deposits and their use in prospecting and exploration. *Problemy sovetskoy geologii*. 1936. Vol. VI. No. 4, pp. 302–323. (In Russian).

26. Saet Yu. E. Vtorichnye geokhimicheskie oreoly pri poiskakh rudnykh mestorozhdeniy [Secondary geochemical halos in the search for ore deposits]. Moscow: Nauka. 1982. 168 p.

27. Sokolov S. V., Prikhod'ko E. F., Marchenko A. G. Creation of modern conceptual physicochemical foundations for the formation of closed sorption-salt halos in the upper part of the cover of loose deposits in closed areas. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2015. No. 61, pp. 111–114. (In Russian).

i metallogeniya. 2015. No. 61, pp. 111–114. (In Russian). 28. Smirnov S. S. Zona okisleniya sul'fidnykh mestorozhdeniy [Oxidation zone of sulfide deposits]. Moscow: Izd-vo Akad. nauk SSSR. 1951. 33 p.

29. Chekalin V. M. Geological and genetic features of the Rubtsovsky deposit of polymetallic ores in the Rudny Altai. *Stroenie rudnykh mestorozhdeniy.* 2002. No. 1, pp. 23–31. (In Russian).

30. Chekalin V. M. The contribution of the Tomsk school of geologists in the creation and development of the mineral

resource base of the northwestern Altai. *Development of the mineral resource base of Siberia: from Obruchev V. A., Uso-va M. A., Urvantseva N. N. to the present day: materials of the All-Russian Forum with international participation.* Tomsk. 2013. Pp. 94–101. (In Russian).

31. Kholmyanskiy M. A., Pavlov S. P., Putikov O. F. Use of the geoelectrochemical method in the search for oil and gas deposits in the Barents and Kara Seas. *Zapiski gornogo instituta*. 2015. Vol. 215. Pp. 25–29. (In Russian).

32. Alekseev, S. G. 1996: Some aspects of use geoelectrochemical methods of exploration deep-seated mineralization. *In* Alekseev, S. G., Dukhanin, A. C., Veshev S. A., Voroshilov, N. A. (eds.): *Journal of Geochemical Exploration*. 56. 1. 79–86.

33. Antropova, L. V. 1992: New methods of regional exploration for blind mineralization: application in the USSR. *In* Antropova, L. V., Goldberg, I. S., Voroshilov, N. A., Ryss, Yu. S. (eds.): *Journal of Geochemical exploration*. 43. 2. 157–166.

34. Barringer, A. R. 1973: Method and apparatus for sensing substances by analyses of adsorbed matter associated with atmospheric particles. US Patent N 3768302.

35. Cameron, E. M. 2004: Finding deeply buried deposits using geochemistry. *In* Cameron, E. M., Hamilton, S. M., Leybourne, M. I., Hall, G. E. M., McClenaghan, M. B. *Geochimistry: Exploration, Environment, Analysis.* 4. 7–32.

36. Cameron, E. M. 2010: Geochemical anomalies in nortern Chile as a surface expression of the extended supergene metallogenesis of buried copper deposits. *In* Cameron, E. M., Leybourne, M. I., Rich, M., Palacios, C. (eds.): *Geochimistry: Exploration, Environment, Analysis.* 10. 157–169.

37. Govett, G. J. S. 1976: Detection of deeply buried and blind sulphide deposits by measurement of H+ and conductivity of closely spaced surface soil samples. *Journal of Geochemical Exploration*. 6. 359–382.

38. Hale, M. 2010: Gas geochemistry and deeply buried mineral deposits: the contribution of the Applied Geochemistry Research Group, Imperial College of Science and Technology, London. *Geochimistry: Exploration, Environment, Analysis.* 10. 261–267.

39. Hall, G. E. M., Hamilton, S. M., McClenaghan, M. B., Cameron, E. M. 2004: Secondary geochemical signatures in glaciated terrain. *Predictive discovery under cover*. SEG Symposium Papers.

40. Krčmár, B. 1983: New atmogeochemical methods in ore and fluorite exploration. *Sbor. geol. ved. Uzita geofyz.* 18. 191–204.

41. Putikov, O. F., Wen, B. 2000: Geoelectrochemistry and stream dispersion. Chapter 2. *In* Hale, M. (ed.): *Geochemical Remote Sensing of the Subsurface: Handbook of Exploration Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier. 7. 17–79.

Духанин Андрей Станиславович – ген. директор, ООО «КАД-КОПИ Сервис». Петроградская наб., 18, корп. 3, литер В, пом. 10H, оф. 9, Санкт-Петербург, 197046, Россия. <asd@cadgeo.ru>

Алексеев Сергей Георгиевич – канд. геол.-минерал. наук, геофизик, ЗАО КЦ «РОСГЕОФИЗИКА». Ул. Ольминского, 10А, пом. 5H, Санкт-Петербург, 192029, Россия. <sga49@mail.ru>

Сенчина Наталия Петровна – канд. геол.-минерал. наук, ст. преподаватель, Санкт-Петербургский горный университет (СПГУ). 21-я линия, Васильевский остров, д. 2, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <senchina_np@pers.spmi.ru>

Dukhanin Andrey Stanislavovich – Director General, OOO «CAD-COPY Servis», Petrogradskaya nab., 18, korp. 3, liter B, pom. 10H, of. 9, St. Petersburg, 197046, Russia. <asd@cadgeo.ru>

Alekseev Sergey Georgievich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Geophysicist, CJSC «ROSGEOPHYZIKA». Ul. Ol'minskogo, 10A, pom. 5N, St. Petersburg, 192029, Rossiya. <sga49@mail.ru>

Senchina Nataliya Petrovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Lecturer, Saint-Petersburg Mining University (SPMU). 2 21st Line, St. Petersburg, 199106, Russia. <senchina_np@pers.spmi.ru>



Предварительные итоги работы Федерального агентства по недропользованию за 2019 и задачи на 2020 г.

19 ноября 2019 г. состоялось заседание Научно-технического совета Федерального агентства по недропользованию о рассмотрении предварительных итогов работы в 2019 и определении задач на 2020 г.

С докладами на заседании выступили и. о. руководителя Роснедра С. А. Аксёнов (по направлению геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые), заместители руководителя О. С. Каспаров (геологоразведочные работы на углеводородное сырье и подземные воды), Д. Н. Данилин (по вопросам финансовоэкономического и правового обеспечения деятельности Роснедра и его территориальных органов), а также руководители подведомственных предприятий П. Н. Мельников (ФГБУ «ВНИГНИ»), А. И. Черных (ФГБУ «ЦНИГРИ»), Д. Б. Аракчеев (ФГБУ «Росгеолфонд»), Д. Л. Никишин (ФГКУ «Росгеолэкспертиза»).

Итоги и планы работ по направлениям регионального геологического изучения недр и государственного геологического информационного обеспечения были представлены в докладе начальника Управления геологических основ, науки и информатики К. А. Коронкевича. Он проанализировал уровень финансирования региональных работ в 2019 г., организационной структуры работ и в целом положительно оценил ожидаемое выполнение показателей государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» и федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал».

В 2019 г. региональное геологическое изучение недр и государственное геологическое информационное обеспечение осуществлялось 13 бюджетными учреждениями по государственным заданиям. Основные объемы работ выполнялись ФГБУ «ВСЕГЕИ», ФГБУ «ВНИИОкеангеология», ФГБУ «ИМГРЭ», ФГБУ «Гидроспецгеология» и ФГБУ «Росгеолфонд». Для выполнения государственных заданий бюджетными учреждениями привлекалось более 80 подрядных организаций в рамках 167 контрактов, из которых 77 — заключены с 22 предприятиями АО «Росгеология».

По направлению регионального геологического изучения недр, которое составляет фундаментальную основу системного геологического изучения территории страны и прогнозирования полезных ископаемых в недрах, в 2019 г. был выполнен большой объем региональных геолого-геофизических и геологосъемочных работ, продолжились наблюдения за опасными экзогенными геологическими процессами.

В докладе особенно отмечена работа ВСЕГЕИ по созданию и актуализации базовых сводных и обзорных карт масштаба 1 : 2 500 000 территории Российской Федерации и ее континентального шельфа.

В начале 2019 г. в Париже была опубликована новая Тектоническая карта Арктики, созданная специалистами ВСЕГЕИ совместно с учеными геологических служб и национальных академий наук приарктических стран под эгидой Комиссии по геологической карте мира при ЮНЕСКО.

Сводная Карта четвертичных образований территории России в июле этого года демонстрировалась на 20-м Конгрессе Международного союза по изучению четвертичного периода в Ирландии и получила высокую оценку со стороны участников конгресса.

В результате выполненных региональных работ в 2019 г. увеличился объем геологической и гидрогеологической изученности территории страны, выявлен ряд первоочередных перспективных площадей для постановки поисковых работ; актуализирована инженерно-геологическая и гидрогеологическая оценка состояния недр территории Российской Федерации, сейсмогеодинамическое состояние Северо-Кавказского, Алтае-Саянского, Байкальского и Дальневосточного сейсмоопасных регионов.

С целью обеспечения геополитических интересов Российской Федерации в Арктике, Антарктике и Мировом океане региональные работы на 50 % были сосредоточены в Арктической зоне Российской Федерации.

По результатам этих работ сформированы необходимые геолого-геофизические материалы для международно-правового оформления внешних границ континентального шельфа Российской Фелерации в Северном Ледовитом океане. В рамках 49 и 50-й сессий Комиссии по границам континентального шельфа Подкомиссией одобрены ключевые защищаемые положения Заявки – комплекс Центрально-Арктических поднятий (хребет Ломоносова, поднятие Менделеева и разделяющая их котловина Подводников) в терминах параграфа 6 ст. 76 Конвенции ООН по морскому праву классифицируется как подводные возвышенности и является естественной компонентой материковой окраины Российской Федерации.





Проведена оценка минерагенического потенциала Антарктиды и ее окраинных морей и составлен комплект геологических карт масштаба 1 : 100 000 на архипелаге Шпицберген.

В части государственного геологического информационного обеспечения:

 произведена глубокая модернизация программно-технологического обеспечения информационных систем Роснедра;

 введена в эксплуатацию федеральная государственная информационная система «Единый фонд геологической информации о недрах» (ФГИС «ЕФГИ»);

 пополнен фонд геологической информации и информационный массив паспортов ГКМ;

 подготовлен очередной выпуск Государственного баланса.

Интернет-ресурсы Роснедра «База данных Госгеолкарт» и «Электронная карта недропользования» отмечены в ноябре текущего года дипломами Росреестра по итогам отбора лучших практик предоставления потребителям пространственных данных.

Региональные работы в 2020 г. будут нацелены на:

— создание и обновление геологических основ недропользования, мелко- и среднемасштабных геолого-геофизических, гидрогеологических карт, обеспечение прироста геологической, гравиметрической и гидрогеологической изученности территории России в объемах, предусмотренных скорректированной подпрограммой «Воспроизводство минерально-сырьевой базы, геологическое изучение недр» государственной программы «Воспроизводство и использование природных ресурсов»;

 формирование фонда перспективных площадей для постановки поисковых работ на высоколиквидные и остродефицитные виды полезных ископаемых; – создание и актуализацию сводных и обзорных карт нового поколения для решения проблем воспроизводства МСБ, обеспечения геополитических интересов России в Антарктике и на архипелаге Шпицберген;

 актуализацию и сопровождение российской заявки в Комиссии по границам континентального шельфа по обоснованию внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане;

– геологическое обеспечение военно-инженерных задач;

– государственный мониторинг состояния недр на пунктах государственной опорной наблюдательной сети и полигонах, реализацию мероприятий федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 гг.»;

 совершенствование систем оперативного сбора и обеспечения геологической информацией, традиционного хранения и предоставления архивных данных;

 дальнейшее развитие ФГИС «ЕФГИ», в том числе наполнение системы материалами по отдельным субъектам Российской Федерации и недропользователям.

По результатам докладов и выступлений Научно-технический совет Роснедра рекомендовал принять к сведению информацию о предварительных ожидаемых результатах финансируемых за счет средств федерального бюджета работ по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы в 2019 г. и одобрить дальнейшую деятельность по этим направлениям за счет средств федерального бюджета на 2020 г.

Пресс-служба Роснедра

А. В. МОЛЧАНОВ, Л. И. ГУРСКАЯ, С. В. КАШИН, Н. С. СОЛОВЬЁВ, А. В. ТЕРЕХОВ, В. А. ШАМАХОВ (ВСЕГЕИ)

Отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ — прошлое и настоящее (к 65-летию отдела)

Статья посвящена 65-летию создания отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ, а также основным этапам его становления.

Ключевые слова: металлогения, металлогенические исследования, месторождения, 65-летие отдела металлогении.

A. V. MOLCHANOV, L. I. GURSKAYA, S. V. KASHIN, N. S. SOLOV'EV, A. V. TEREKHOV, V. A. SHAMAKHOV (VSEGEI)

Department of Metallogeny and Geology of Mineral Deposits, VSEGEI, – past and present (65th anniversary of the Department)

The paper is dedicated to the 65th anniversary of creating the Department of Metallogeny and Geology of Mineral Deposits at VSEGEI and main stages of its development.

Keywords: metallogeny, metallogenic studies, mineral deposits, 65th anniversary of the Metallogeny Department.

Для цитирования: Молчанов А. В. Отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ – прошлое и настоящее (к 65-летию отдела) / А. В. Молчанов, Л. И. Гурская, С. В. Кашин, Н. С. Соловьёв, А. В. Терехов, В. А. Шамахов // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 80. – С. 97–107.

Начальным этапом создания металлогенической школы ВСЕГЕИ можно по праву считать теоретические построения «о стадийности тектоно-магматических и металлогенических комплексов геосинклинальных областей», которые развивал Юрий Александрович Билибин. В 1947 г. он организовал и возглавил металлогенический сектор ВСЕГЕИ [20].

В 1954 г. выходит Постановление заседания Совета министров СССР, где на ВСЕГЕИ возлагалось научно-методическое руководство работами по государственному картированию территории СССР, исследованию и выявлению закономерностей распространения месторождений полезных ископаемых в земной коре и составлению карт прогнозов для открытия новых месторождений. 18 марта 1954 г. приказом по институту № 53 во ВСЕГЕИ была проведена внутренняя реорганизация и созданы несколько новых отделов, одним из которых стал отдел металлогении и рудных месторождений *. Заведующим отделом был назначен В. Г. Грушевой – крупный специалист в области геологии рудных месторождений и прогнозно-металлогенического анализа [3; 4].

Отдел сформировали для решения поставленной Министерством геологии и охраны недр СССР задачи: создать научную базу для направления поисков на основные виды минерального сырья в целях обеспечения промышленности минерально-сырьевыми ресурсами и прогнозирования новых рудных провинций и месторождений.

Решение этой задачи имело два аспекта – региональный и специальный (отраслевой). Последний должен был решать практические задачи по отдельным металлам с установлением закономерности их распределения во времени и пространстве.

Исходя из этого приоритетными направлениями научных исследований стали:

 – разработка общей и региональной металлогении, которая включает изучение металлогенических особенностей различных регионов страны;

 дальнейшее развитие и совершенствование специальной (отраслевой) металлогении на отдельные виды полезных ископаемых для исследования закономерностей их размещения и образования;

^{*} В составе отдела были организованы два сектора: цветных и редких металлов (зав. сектором Н. Н. Курек) и черных металлов (зав. сектором Н. Г. Херувимова), а также лаборатория геохимии руд и минераграфии.



Юрий Александрович Билибин



Грушевой Владимир Гаврилович – первый заведующий отделом металлогении и геологии месгорождений полезных ископаемых



Сотрудники отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых. 1957 г.

 проведение прогнозно-металлогенического анализа с целью установления новых перспективных рудоносных площадей, количественной оценки их прогнозных ресурсов для дальнейшего развития минерально-сырьевой базы страны.

Кроме того, еще до организации отдела металлогении руководством института проводилась работа по созданию единого коллектива металлогенистов, работавших до этого времени в региональных отделах и территориальных геологосъемочных экспедициях ВСЕГЕИ. В частности, в 1952 г. в составе отдела специсследований, занимавшегося исключительно металлогенией урановых месторождений, был создан сектор рудных полезных ископаемых (зав. сектором В. Г. Грушевой) и лаборатория минераграфии (зав. лаборатории С. И. Талдыкин). Важным результатом работ сотрудников сектора явилось издание в 1954 г. сборника статей «Измененные околорудные породы и их поисковое значение» (авторы Н. Н. Курек, Н. И. Наковник, Е. Д. Карпова, А. Г. Ивашенцев, А. И. Курек, Д. М. Шилин, В. П. Иванова, И. И. Князев) [8]. В сборнике рассмотрены скарны, грейзены, вторичные кварциты, серицит- и хлоритсодержащие и измененные карбонатные породы. Проведенная работа имела большое значение для развития учения о метасоматозе, металлогении, рудных месторождениях и не потеряла своего научного значения до настоящего времени. В ней на основе анализа обширного литературного материала и авторских разработок был высказан целый ряд новых идей, давших толчок к развитию геологической мысли. Е. Д. Карпова доказала, что образование скарнов не может быть связано только с контактовыми реакционно-метасоматическими процессами, происходящими при внедрении данной конкретной интрузии с вмещающими породами, а источник вещества для их формирования, в частности привнос огромных количеств SiO₂, мог происходить из подстилающих пород. В том же году вышел из печати Атлас структур и текстур руд [1].

В создании отдела принимали активное участие многие выдающиеся ученые, в том числе в области геологии месторождений твердых полезных ископаемых: В. Г. Грушевой, И. И. Князев, Н. Н. Курек, Г. С. Лабазин, Д. Ф. Мурашов, С. И. Талдыкин, Н. И. Наковник, П. М. Татаринов, И. И. Чупилин, внесшие большой вклад в развитие минерально-сырьевой базы СССР. В. Г. Грушевой открыл Каджеранское медномолибденовое месторождение и был награжден за успехи в изучении полезных ископаемых Закавказья Государственной премией. Г. С. Лабазин работал на Урале, Салаире, Забайкалье, участвовал в выявлении свинцово-цинковых руд Текелийского (1930 г.) и Маргалимсайского (1938 г.) месторождений в Южном Казахстане. И. Д. Князев внес существенный вклад в подготовку к освоению в 1930-е годы свинцово-цинковых месторождений Южного и Центрального Казахстана. Н. И. Наковник в 1920-1930-е годы открыл месторождения корунда (Семиз-Бугу), вольфрама и молибдена (Восточный Коунрад).

На начальном этапе работ важным результатом научной деятельности отдела стала публикация в 1957 г. «Общие принципы регионального металлогенического анализа и методика составления карт складчатых областей» под редакцией П. М. Татаринова, В. Г. Грушевого, Г. С. Лабазина [13]. В ней был обобщен опыт, накопленный предыдущими исследованиями, намечены пути дальнейшего развития металлогении, в том числе и металлогенической идеи Ю. А. Билибина о тесной связи процессов рудообразования с тектоническими движениями, осадконакоплением, магматизмом и метаморфизмом, которые послужили теоретической основой для построения металлогенических карт. В 1959 г. была опубликована Металлогеническая карта СССР (отв. ред. В. Г. Грушевой, Г. Б. Лабазин, П. М. Татаринов) масштаба 1:5 000 000. В 1968 г. появилась Металлогеническая карта СССР (отв. ред. В. Г. Грушевой) масштаба 1:2 500 000, составленная при участии сторонних геологических организаций [5; 6].

К последней карте была приложена Карта металлогенических зон СССР этого же масштаба с объяснительной запиской под редакцией Е. Т. Шаталова (1969 г.). Основное внимание при составлении карт уделялось выявлению рудной специализации крупных территорий и этапов их развития с выделением металлогенических провинций, зон и эпох. На Металлогенической карте СССР были выделены 430 структурно-металлогенических зон и площадей, оконтуренные главным образом по распределению в них месторождений и проявлений с учетом состава и строения вмещающих структурно-формационных комплексов и тектоно-магматических этапов их развития. В результате на карте получила отражение металлогеническая специализация основных тектономагматических шиклов на всей территории СССР. В объяснительной записке к ней отмечены наиболее практически значимые типы оруденения в выделенных провинциях.

Начиная с 1960-х годов проводимые исследования ориентируются на комплексное решение сложных проблем по прогнозной оценке перспектив рудоносности отдельных регионов и территорий СССР в целом. Сотрудники отдела участвовали в изучении и промышленной оценке медного месторождения Удокан (Ю. В. Богданов, Г. Г. Кочин, Э. И. Кутырев, В. П. Феоктистов, Н. П. Трифонов), колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая (В. И. Васильев, А. Н. Кен, В. А. Стромов), свинцово-цинковых месторождений Южного Урала (В. П. Феоктистов) и Сетте-Дабана (А. К. Иогансон, Э. И. Кутырев, А. Е. Соболев), месторождения сынныритов Прибайкалья (А. Я. Жидков, С. А. Смыслов), редкометалльных месторождений Урала, Казахстана, Горного Алтая (Д. В. Рундквист, В. К. Денисенко).

В 1976 г. по руководством Д. В. Рундквиста было завершено составление комплекта карт

«Перспективная оценка минеральных ресурсов территории СССР» масштаба 1:7 500 000, состоящего из монометалльных карт на Fe, Cr, Mn, Ti, Cu, Zn, Pb, Ni, Al, Mo, W, Sn, Hg, Li, Rb, Cs, Nb, Та. Аи. МПГ. индустриальное (алмазы, мусковит. флюорит, вермикулит, горный хрусталь, хризолит, антофиллит-асбест, агат, флюорит, нефрит) и химическое (апатиты, фосфориты, ископаемые минеральные соли, самородная сера) сырье, а также уголь и горючие сланцы. На картах охарактеризован состав геологических формаций, специализированных на полезные ископаемые, выделены перспективные площади. В кратких пояснительных записках к картам охарактеризованы принципы и методы прогнозирования, дана перспективная оценка важнейших металлогенических провинций СССР, специализированных на данное полезное ископаемое, и произведена количественная оценка. Карты получили высокую оценку в Мингео СССР и долгое время являлись основой планирования развития минеральносырьевой базы горнодобывающей промышленности. Прямым продолжением этих работ стало опубликование в 1978 г. монографии «Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые» под редакцией Д. В. Рундквиста [9], в которой дана развернутая характеристика принципов формационного анализа, связи геологических и рудных формаций, рудоконтролирующих факторов и критериев прогнозирования главнейших типов рудных и неметаллических полезных ископаемых, использованных при перспективной оценке территории СССР. В монографии подчеркнуто важное значение формационного анализа при прогнозных исследованиях и дано определение рудной формации как «закономерного сообщества минеральных парагенезисов, связанных общей структурой (зональностью, ритмичностью). в составе которых сушественную роль играют промышленно ценные минералы или породы». Приведены основные минеральные парагенезисы главнейших гидротермально-метасоматических формаций. Разработаны критерии оценки территорий на черные, цветные, редкие, благородные металлы, индустриальное и химическое сырье.

В рамках работы по перспективной оценке территории СССР сотрудниками отдела были написаны монографии: В. К. Денисенко «Месторождения вольфрама» [7], И. Г. Павловой «Меднопорфировые месторождения» [14], В. И. Бергером «Сурьмяные месторождения» [2], В. Е. Поповым «Вулканогенно-осадочные месторождения» [16], положенные в основу докторских диссертаций.

Материалы по рудоносности разнообразных геологических формаций земной коры – складчатых областей, платформенного чехла, щитов, областей орогенеза и активизации, рифтов и авлакогенов – были проанализированы в монографии «Рудоносность и геологические формации структур земной коры» под редакцией Д. В. Рундквиста (авторы К. А. Марков, В. А. Трофимов, Ю. Г. Старицкий и др.), опубликованной в 1981 г. [19]. Особое внимание было уделено анализу возрастных, эволюционных и фациальных рядов геологических формаций, различных структурно-формационных зон и выделены те особенности геологического развития, которые определяют в конечном счете формирование промышленного оруденения. Рассмотрена рудоносность осадочных, магматических, метаморфических, гидротермально-метасоматических формаций и кор выветривания. Установлено, что сходные и даже однотипные рудные формации приурочены к различным геологическим обстановкам.

К. А. Марков, В. А. Трофимов и Ф. В. Старицын провели работу по металлогеническому районированию территории СССР. Помимо обобщающих работ в 1980-е годы сотрудники отдела занимались изучением металлогении Урала (И. Г. Гапошин, И. Т. Поплавский, В. А. Гвоздев), Енисейского кряжа (В. И. Бергер, В. К. Денисенко, М. Ф. Кутырева, А. Г. Неклюдов), Сетте-Дабана (Э. И. Кутырев, А. Е. Соболев), Карело-Кольского региона (В. Е. Попов, Р. И. Шурупова, В. А. Стромов, Л. И. Гордиенко), Забайкалья (Н. В. Никитин, А. А. Иванова, В. В. Терновой). В 1988 г. издана Металлогеническая карта Карело-Кольского региона (со снятым платформенным челом фанерозоя) масштаба 1 : 1 000 000 под редакцией Д. В. Рундквиста и В. Е. Попова, в составлении которой участвовали З. А. Бурцева, Л. И. Гордиенко, Л. И. Гурская, А. М. Ларин, Р. И. Шурупова и др.

В 1982 г. в отделе образован сектор оценки и апробации прогнозных ресурсов (зав. сектором Ю. В. Богданов), представленных территориальными геологическими управлениями. Для осуществления такой оценки требовалась методика ее проведения, которая и была разработана в начале 1980-х годов и опубликована в 1987 г. в книге «Оценка прогнозных ресурсов рудоносных площадей» под ред. Д. В. Рундквиста.

Сотрудники отдела были задействованы в изучении и создании минерально-сырьевой базы района Байкало-Амурской магистрали. Ю. В. Богданов, В. П. Феоктистов, Н. П. Трифонов, А. Т. Осетрова, Д. С. Ушанова, О. Н. Фёдорова приняли участие в составлении Металлогенической карты полезных ископаемых региона БАМ масштаба 1 : 1 500 000 и объяснительной записки к ней (1981 г.). В 1989 г. этими авторами опубликована Металлогеническая карта Кодаро-Удоканского прогиба и его обрамления масштаба 1 : 200 000, на базе которой была обоснована перспективность Северного Забайкалья на медь, железные руды, криолит-редкометалльные руды и угли.

К концу 1980-х годов прошлого века в отделе металлогении работали 17 кандидатов и восемь докторов геолого-минералогических наук. Многие сотрудники отдела участвовали в геологических исследованиях за границей и внесли существенный вклад в создание минерально-сырьевой базы Китая, Марокко, ГДР, Польши, Алжира, Монголии, Мадагаскара, Кубы, Индии, Болгарии, Кореи, Гвинеи, Мозамбика, Вьетнама, Ирана, Афганистана, Чехословакии. Ю. В. Богданов по линии ООН руководил проектами в Югославии и Индии, где участвовал в открытии крупного урано-битумного рудопроявления в штате Уттар-Пражеш, а В. П. Феоктистов в обнаружении крупных месторождений меди Айнак и Дарбент в Афганистане.

В 1990-е годы в отделе проводились исследования по минерагении осадочных бассейнов (В. П. Феоктистов, А. В. Неклюдов, В. А. Шамахов), результаты которых вошли в монографию «Литогеодинамика и минерагения осадочных бассейнов», опубликованную в 1998 г. [10]. Под руководством директора ВСЕГЕИ А. Д. Щеглова и заместителя директора по науке В. М. Терентьева проводились исследования по объемной оценке рудоносных структур и в 1999 г. опубликована брошюра «Методические основы составления прогнозно-металлогенических карт масштаба 1 : 200 000 рудных и потенциально рудных районов». И. А. Неженский выполнял тематику по разработке методических основ стоимостной оценки недр и подготовке с другими авторами (А. И. Кривцов, И. Г. Павлова, К. А. Марков, К. Б. Ильин, Ю. Г. Старицкий) такого важного для металлогенистов издания, как «Российский металлогенический словарь» (2003 г. [17]). Л. И. Гурская внесла существенный вклад в изучении платинометалльного оруденения. Результаты этих исследований опубликованы в монографиях «Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования» (2000 г.) и «Платиноиды хромитоносных массивов Полярного Урала» (2004 г.).

В 1997 г. в отдел перешел коллектив, возглавляемый Е. В. Плюшевым (Н. С. Соловьёв. С. В. Кашин, М. В. Колесов, В. Н. Метик). В 2001 г. под редакцией Е. В. Плющева были опубликованы монография «Рудные узлы России» [18] и Карта рудных узлов России масштаба 1 : 5 000 000 (авторы Н. С. Соловьёв, А. В. Жданов, С. Н. Калабашкин, С. В. Кашин, А. П. Мотов, А. О. Соболев). Рудный узел в данной работе выступает в качестве главного металлогенического таксона при металлогеническом анализе, поскольку именно он отвечает гидротермальной рудоформирующей системе. Рудный район при данном подходе соответствует или очень крупной гидротермальной рудоформирующей системе (тысячи квадратных километров), или нескольким пространственно сближенным более локальным гидротермально-метасоматическим системам. Металлогеническая зона будет отвечать крупному (десятки и сотни тысяч километров) блоку земной коры, изначально геохимически специализированному, в пределах которого различные гидротермально-метасоматические системы, функционировавшие в течение геологического времени, реализовали геохимический потенциал в виде гидротермальных месторождений. На основе этих представлений был проведен анализ рудных узлов территории России, разработаны принципы выделения рудных узлов и их границ. В пределах рудных узлов осуществлен формационный анализ всех геологических подразделений и рудных объектов. Помимо гидротермально-метасоматических. выделялись и анализировались также осадочные, вулканические, метаморфические и гидрогенно-инфильтрационные рудные узлы. На основе определения и соотношения рудных, рудоносных и рудовмещающих формаций устанавливались рудоформирующие системы. Была обоснована важность выделения и анализа рудных узлов как основы для крупно- и среднемасштабного прогнозирования месторождений твердых полезных ископаемых, разработаны принципы их выделения и установления границ рудных узлов, проанализирована продуктивность рудных узлов различных структурных этажей и регионов.

По инициативе В. В. Шатова и В. П. Феоктистова, сменившего на посту заведующего отделом К. А. Маркова, в 2000 г. была предложена и поддержана генеральным директором ВСЕГЕИ О. В. Петровым тема «Прогнозно-минерагенический анализ и количественная оценка ресурсного потенциала территории РФ на комплекс полезных ископаемых с геолого-картографическим опережением и сопровождением» (2000-2003 гг.). В качестве субподрядчиков к ее выполнению были привлечены отраслевые институты: ЦНИГРИ, ВИМС, ИМГРЭ, ЦНИИгеолнеруд, ВИЭМС. Результатом этих работ стала Карпрогнозно-минерагенического районирота вания России (на основе анализа ресурсного потенциала металлических и неметаллических полезных ископаемых) масштаба 1 : 5 000 000, главные редакторы О. В. Петров, А. Ф. Морозов. Б. К. Михайлов, авторы В. П. Феоктистов. Ю. В. Богданов, И. Г. Гапошин, К. А. Марков, С. Н. Калабашкин, А. Е. Соболев, С. В. Кашин, В. А. Шамахов и другие сотрудники отдела. Отраслевыми институтами подготовлен «Кадастр прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых по состоянию на 01.01.2003». В отличие от других вариантов металлогенической карты, контуры провинций, зон, районов и рудных узлов были нанесены на геологическую основу, специальным знаком даны контуры вещественно-геодинамических комплексов. За этой работой последовала череда тем по прогнозноминерагенической оценке территории России и основных ее металлогенических провинций на высоколиквидные и остродефицитные полезные ископаемые (2003-2009 гг.), в том числе важная в практическом отношении тема создания системы учета и мониторинга металлогенического потенциала и прогнозных ресурсов кат. Р₃ территории России и ее континентального шельфа на основе геолого-геофизических и геохимических работ, вылившаяся в оценку и учет прогнозных ресурсов кат. Р₃, которая продолжается во ВСЕГЕИ по настоящее время.

В основу выделения металлогенических таксонов было положено наличие месторождений с запасами, стоящими на государственном балансе, и перспективных объектов с апробированными ресурсами категорий P₁, P₂, P₃. Дана стоимостная оценка богатств российских недр.

В 2009 г. была подготовлена и опубликована монография «Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации» под научной редакцией О. В. Петрова, состоящая из двух томов: том 1 – прогнозно-металлогенический анализ, том 2 – минерально-сырьевой и стоимостный анализ [11; 12]. В монографии изложены результаты прогнозно-металлогенического анализа территории России, дана комплексная информация по более чем 5000 месторождений полезных ископаемых и 2000 таксонов металлогенического районирования (провинции, зоны, районы, узлы). В основу выделения металлогенических таксонов было положено наличие месторождений с запасами, стоящими на государственном балансе, дана стоимостная оценка богатств российских недр. Монография была выполнена большим коллективом специалистов ВСЕГЕИ, Роснедра, Минприроды РФ, МЦГК «Геокарт», ЦНИГРИ, ВИМС, ИМГРЭ, ЦНИИгеолнеруд, ВНИИСИМС и других организаций. Существенный вклад в эту фундаментальную работу внесли сотрудники отдела металлогении ВСЕГЕИ (В. В. Шатов, В. П. Феоктистов, Е. В. Плющев, И. А. Нежинский, К. А. Марков, Ю. В. Богданов, Л. И. Гурская, И. Г. Гапошин, Н. С. Соловьёв, В. А. Шамахов, А. Е. Соболев, С. В. Кашин, А. В. Молчанов, Л. В. Смелова, С. Н. Калабашкин).

Начиная с 2002 г., после перехода А. В. Молчанова из отдела геологии урановых месторождений и радиоэкологии в отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых, сотрудниками (А. В. Молчанов. С. А. Ефимов, Н. К. Клюев, В. Ю. Князев) проводились широкомасштабные исследования по договору с АК «АЛРОСА» в пределах Анабарского щита и его ближайшего обрамления. В результате была выполнена формационная типизация геологических образований щита, урановых рудопроявлений и пунктов минерализации, составлены Структурно-формационная и Прогнозно-металлогеническая на уран карты Анабарского щита масштаба 1 : 500 000 (объект «Щит»). В результате прогнозно-металлогенических работ сотрудниками отдела была доказана высокая перспективность выявления в пределах предрифейской зоны структурно-стратиграфического несогласия Анабарского щита месторождений типа несогласия канадского подтипа, подсчитан металлогенический потенциал урана по основным структурным подразделениям щита – тектоно-флюидитным зонам, зонам предрифейского структурного несогласия. Локализованы площади для постановки поисковых работ на уран в пределах зоны предрифейского структурно-стратиграфического несогласия, прежде всего на юго-восточном фланге щита. На рекомендованных площадях были проведены АГСМ работы масштаба 1 : 25 000 (Амакинская ГРЭ АК «АЛРОСА») и заверка буровыми работами выявленных радиометрических аномалий. В результате на Биригиндинском участке вскрыты рудные интервалы (до 1 м) с содержанием урана (0,18–0,23 %). Выделен потенциальный урановорудный узел – Биригиндино-Мюнюсяхский с авторскими прогнозными ресурсами P_2 – 10 тыс. т (по материалам Эбеляхской партии Амакинской ГРЭ).

В 2012 г. вышла из печати монография «Металлогения гидротермально-метасоматических образований» (авторы Е. В. Плющев, В. В. Шатов, С. В. Кашин) [15]. В работе был подведен своеобразный итог многолетнего изучения региональных гидротермально-метасоматических формаций. Представлена наиболее полная системная характеристика гидротермально-метасоматических образований, определены основные понятия, связанные с гидротермальной деятельностью. Разработаны прогнозно-металлогенические модели рудоформирующих гидротермально-метасоматических систем в полном объеме их проявления с количественной характеристикой извлечения, миграции и концентрирования рудных элементов и гидротермального вещества в целом. Сформулирована гипотеза гидротермального рудообразования за счет геохимических ресурсов земной коры. Обосновано и разработано новое направление металлогенических исследований металлогения гидротермально-метасоматических образований.

Ряд сотрудников отдела принимали участие в международных проектах (В. В. Шатов, А. В. Молчанов, А. В. Терехов, В. П. Феоктистов, Н. С. Соловьёв, С. В. Кашин и др.). Так, в 2005– 2007 гг. по договору с компанией «САМЕКО» выполнялось исследование вопроса о проблемах ураноносности тектоно-флюидитных зон и зон древних ССН Анабарского щита. Были осуществлены экскурсии российских и канадских геологов на Анабарский щит, а также в Канаду на крупнейшие урановые месторождения металлогенической провинции Атабаска (месторождения Сигар-Лейк, Макартур и др.).

В течение 2011 г. Геологическая служба Норвегии (NGU) провела ряд встреч с потенциальными странами-участниками, на которых обсуждалась возможность реализации проекта «Минеральные ресурсы Арктики», основная задача которого – анализ современных данных по ведущим месторождениям твердых полезных ископаемых, в том числе и по основным закономерностям их проявления в пределах Циркумарктического региона (севернее параллели 60°).

Первая официальная встреча, ознаменовавшая запуск проекта, состоялась в марте 2012 г. в рамках ежегодной выставки Канадской ассоциации недропользователей (PDAC). В декабре 2012 г. в Копенгагене состоялась встреча, в которой приняли участие сотрудники отдела, были сформулированы ключевые решения о структуре проекта — создание базы данных и карты крупных и уникальных месторождений твердых полезных ископаемых Арктики масштаба 1 : 10 000 000, а также издание книги «Обзор наиболее важных месторождений полезных ископаемых Арктики». По итогам встречи Министерство иностранных дел Норвегии приняло решение поддержать финансированием будущее издание печатной продукции проекта.

В июне 2016 г. в Осло, в здании Министерства рыболовства и промышленности Норвегии, состоялась презентация книги «Обзор наиболее важных месторождений полезных ископаемых Арктики» и карты крупных и уникальных месторождений Арктики, которые явились результатом Международного проекта «Минеральные ресурсы Арктики». Основными его странамиучастниками стали США, Канада, Дания, Исландия, Норвегия, Швеция, Финляндии и Россия. Непосредственный исполнитель работ по проекту со стороны России – отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ.

Как отмечается на официальном сайте NGU, «предусмотренный проектом обзор является частью базы знаний для будущего устойчивого развития региона». В презентации и обсуждении материалов книги участвовали официальные лица посольств Канады и Исландии, а также министерств иностранных дел Финляндии и России. От ВСЕГЕИ в обсуждении приняли участие заведующий отделом металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых А. В. Молчанов и заместитель заведующего отделом А. В. Терехов. Представленные материалы получили от участников пресс-конференции самую высокую оценку и искреннюю заинтересованность в их практическом использовании различными ведомствами, в том числе и частными компаниями, при планировании геологоразведочных и добычных работ.

Результаты проекта также представлены в Кейптауне на 35-м Международном геологическом конгрессе, а в марте 2017 г. в Торонто на выставке Канадской ассоциации недропользователей (PDAC).

В 2012 г. из печати вышла монография «Региональная металлогения Центральной Азии», главные редакторы О. В. Петров, Дун Шувен. В 2014 г. была опубликована Металлогеническая карта Центральной Азии масштаба 1 : 2 500 000 (на английском языке).

В 2008 г. с приходом к руководству отделом металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых А. В. Молчанова, сменившего на этом посту В. П. Феоктистова, коллектив отдела стал пополняться молодыми специалистами, выпускниками Санкт-Петербургского государственного университета и Горного института. А. В. Молчанов инициировал в отделе усиление доли полевых исследований, углубленное и массовое изучение гидротермально-метасоматических

образований в полном объеме их проявления (по методике Е. В. Плющева и В. В. Шатова). С 2008 по 2012 г. сотрудниками отдела (отв. исп. А. В. Молчанов, А. В. Терехов, О. Л. Соловьёв, В. Ю. Князев, А. В. Радьков, Е. А. Смирнов. В. Н. Белова, В. В. Семенова, Н. В. Шатова и др.) по договору с Якутскгеологией проводились поисковые работы масштаба 1 : 50 000 в пределах Эльконского золото-урановорудного узла. В результате петрографо-геохимического изучения гидротермально-метасоматических образований в полном объеме их проявления были локализованы конкретные площади для постановки детальных поисковых работ на уран и золото. Доказывалась возможность локализации в их пределах ресурсов кат. Р₂ урана 250 тыс. т и золота 200 т. В период с 2012 по 2014 г. отдел по договору с Якутскгеологией проводил поисковые работы по вышеупомянутой методике в пределах Томмот-Эльконской зоны разломов, в ходе которых было выявлено месторождение золота порфирового семейства Морозкинское, за открытие которого знаком «Первооткрыватель месторождения» со стороны ВСЕГЕИ были награждены А. В. Молчанов, А. В. Терехов, В. В. Шатов.

По итогам специализированного петрографо-геохимического картирования, выполненного по договору с Алтайнедра, в пределах Змеиногорского района (Рудный Алтай) в 2012 г. были впервые закартированы адуляриты, указывающие по аналогии с колчеданным медно-полиметаллическим месторождением Николаевское (Казахстан) на надрудный уровень локализованных новых рудоносных площадей для постановки горных и буровых работ (отв. исп. С. В. Кашин, авторы А. В. Молчанов, В. В. Шатов, О. Л. Соловьёв, Е. В. Смирнова, С. В. Бехтерева и др.) на обнаружение колчеданно-полиметаллических месторождений.

В 2014 г. были подготовлены к печати монография и Карта гидротермально-метасоматических формаций России масштаба 1 : 2 500 000 (отв. исп. А. В. Молчанов, авторы В. В. Шатов, Е. В. Плющев, Н. С. Соловьёв, С. В. Кашин, В. А. Михайлов, А. Е. Соболев, В. Ф. Проскурнин, Б. С. Петрушков, А. В. Терехов). Подобная карта была составлена впервые. При ее создании, помимо результатов личных исследований авторов, использованы обширные литературные и фондовые материалы по гидротермально-метасоматическим изменениям горных пород, рудным формациям и месторождениям, геохимии, геологии различных регионов России, изучены и проанализированы материалы по государственным геологическим картам Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 второго и третьего поколений. В полной мере была использована база данных ранее составленной карты Рудных узлов России. Проведен анализ геологических особенностей проявления гидротермально-метасоматических образований, выделение и описание гидротермально-метасоматических формаций

(ГМФ)*. В качестве элементарной единицы, обеспечивающей возможность построения карты и ее анализа, взят рудный узел гидротермального типа. Разработана классификация гидротермально-метасоматических формаций России. Типы этих формаций выделены по характеру связи с геологическими формациями и положению в сфере гидротермальной деятельности. Составлена классификация генетических типов месторождений, отвечающая задачам анализа рудоносности ГМФ. Созданы базы данных по ГМФ России в виде развернутых атрибутивных таблиц к ГИС-проекту. Представлен атлас геолого-генетических моделей ведущих типов рудоносных ГМФ. Даны рекомендации по направлению ГРР на выявление гидротермально-метасоматических месторожлений.

В 2014 г. отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых приступил к актуализации Прогнозно-минерагенической карты Российской Федерации и континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 000 на основе листов Госгеолкарты-1000/3 (ГК-1000/3). Работы по этому объекту были закончены в 2016 г. созданием ГИС-проекта «Прогнозно-минерагеническая карта Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 000». На карте было выделено 343 минерагенических зоны, рудных и потенциально рудных районов 546 и узлов 2474, уточнены контуры минерагенических провинций.

В создании карты, помимо сотрудников отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых (А. В. Молчанов, С. В. Кашин, А. Е. Соболев, Н. С. Соловьёв, А. В. Терехов, В. А. Шамахов и др.), участвовали ведущие специалисты отраслевых институтов – ВИМС, ЦНИГРИ, ИМГРЭ, ЦНИИгеолнеруд, а также ВНИИОкеангеология.

В качестве основного металлогенического подразделения на карте выделены рудные и потенциально рудные узлы, закраска которых дана по главенствующему полезному ископаемому. Цвет границ рудных районов и минерагенических зон соответствует группам полезных ископаемых, выступающих в качестве основных в конкретных минерагенических подразделениях. Внутренняя закраска минерагенических зон и рудных районов соответствует, согласно легенде к карте, геодинамической обстановке на момент процесса рудообразования. ГИС-проект сопровождался атрибутивными таблицами с полной характереистикой выделенных минерагенических подразделений ранга минерагеническая зона, рудный район или узел. В отдельной таблице приведены прогнозные ресурсы всех категорий, как апробированных, так и авторских, учтенных

в выделенных минерагенических подразделениях. Созданная Прогнозно-минерагеническая карта Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1 : 2 500 000 (в виде ГИС-проекта) выступает в настоящее время в качестве основного документа для аргументации постановки региональных ГРР по ГДП-200/2. В настоящее время в связи с получением новой минерагенической информации по листам ГК-1000/3, прошедшим НРС «Роснедра» после 2016 г., актуализация карты продолжается. Кроме того, в настоящее время для уточнения ряда границ минерагенических подразделений и отчасти их ресурсного потенциала учитываются данные ГДП-200/2, созданных после учтенных ранее ГК-1000/3.

В рамках Международного Азиатского проекта с 2017 по 2019 г. сотрудниками отдела А. В. Молчановым, А. В. Тереховым, С. В. Кашиным, А. Е. Соболевым, Н. С. Соловьёвым, В. А. Шамаховым, В. В. Семеновой, В. Н. Беловой, И. Б. Сабирбаевым, И. О. Лебедевым, Л. И. Гурской и др. при общем руководстве В. В. Шатова впервые созданы на государственной основе Карты закономерностей размещения золото-меднопорфировых месторождений, черносланцевых месторождений золота и эпитермальных золоторудных месторождений Северной, Центральной и Восточной Азии (по территории России) масштаба 1 : 2 500 000 (в виде ГИС-проектов). В качестве слоев ГИСпроектов выступают основные региональные прогнозные критерии - геологический, гидротермально-метасоматический, геохимический, космоструктурный, геофизический и др., снятые с соответствующих составленных и прошедших НРС «Роснедра» за последние 5-7 лет государственных карт масштаба 1 : 2 500 000.

Отдельным слоем в указанных ГИС-проектах отражены рекомендации авторов на постановку работ ГДП-200/2 по конкретным листам, являющимся перспективными на обнаружение в их пределах крупнообъемных месторождений золота, молибдена, серебра, меди порфирового, черносланцевого и эпитермального типов.

Выделенные на картах металлогенические подразделения (минерагеническая зона, рудный район, узел) всесторонне охарактеризованы в атрибутивных таблицах, включая и прогнозные ресурсы всех категорий.

С 2012 г. отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых приступил к работам по созданию комплектов ГК-1000/3. В частности, силами сотрудников отдела (А. В. Молчанов, А. В. Радьков, О. Л. Соловьёв, А. В. Терехов, К. А. Кукушкин, Д. С. Козлов, Е. Н. Смирнова, Е. И. Хорохорина и др.) были составлены, защищены на НРС «Роснедра», а затем изданы на картфабрике ВСЕГЕИ комплекты ГК-1000/3 листов О-51 и О-52. В рамках этих работ на основе анализа собранного и полученного своими силами материала были выдвинуты территории, требующие постановки

^{*} Гидротермально-метасоматические формации рассматриваются как природные ассоциации гидротермально-метасоматических пород в наиболее полном объеме их проявления с учетом обширных периферических зон слабых изменений, в ареалах которых встречаются локально развитые рудоносные метасоматиты центральных зон (околорудные метасоматиты).

ГДП-200/2, как наиболее благоприятные для выявления впоследствии месторождений золота порфирового семейства, а также золоторудных объектов лебединского типа. Оперативно были поставлены работы на листах О-52-XXVII (Ломамская площадь) и О-52-XXVI (Чайдахская площадь) (Д. С. Артемьев, Д. С. Козлов, А. В. Молчанов, А. В. Терехов, Д. С. Ашихмин, К. А. Кукушкин, Е. Н. Смирнова, К. Е. Васюкевич и др., отв. исполнители проекта – Г. Г. Казакова, Е. А. Малышева), а также лист О-51-XIX (Олдонгсинская площадь) (А. В. Терехов, К. А. Кукушкин, А. В. Молчанов, Д. Ю. Титов, Д. С. Козлов, О. В. Голикова, отв. исполнитель проекта – Г. Г. Казакова). Работы по этим листам принесли положительные результаты с локализацией потенциально рудных узлов с ресурсами золота от 75 до 220 т кат. Р₃. При этом на листах О-52-XXVII и О-52-XXVI локализован Ломамский потенциально рудный район с общими прогнозными ресурсами золота Р₃ - 820 т. На листе O-51-XIX (Угуйская площадь) в юго-восточной части Угуйской грабен-синклинали выделена Кондинская потенциально золоторудная зона, прогнозные ресурсы золота которой по кат. Р₃ оценены в 100 т.

Крайне интересные в прогностическом плане получены результаты группой отдела (С. Н. Сычев, А. В. Рогов, В. С. Маклашин, О. А. Шнейдер, отв. исполнители проекта – Г. Г. Казакова, Е. А. Малышева) при изучении геологической и геофизической изученности листов Q-55-XXIX, XXX. Здесь при полевых работах выявлено обильное молибден-порфировое оруденение в пределах Рассошинского гранитного массива, видимое золотое оруденение в его экзоконтакте и обильная цинковая минерализация в скарноидах вблизи этого же массива.

В настоящее время силами нашего отдела выполняются работы по созданию комплектов ГК-1000/3 листов P-50, P-51, P-52 (А. В. Терехов, Г. А. Козлов, В. И. Леонтьев, Е. И. Хорохорина, А. В. Ушаков, Р. А. Исаев, О. Л. Соловьёв и др.). Уже сейчас в пределах указанных листов существенно уточнено минерагеническое районирование, выделены новые потенциально золоторудные и свинцово-цинковые узлы, уточнены границы минерагенических зон и потенциально рудных районов. На листе P-52 предполагается в дальнейшем выявление месторождений золота куранахского типа, а также полиметаллических объектов, где рекомендовано проведение ГДП-200/2.

Фамилия	Год наг- раждения	Заслуга, отличие, достижения				
Ленинская премия						
Г. Г. Кочин	1966	за участие в разведке (1961–1965 гг.) уникального Удоканского месторождения меди				
	Государственная премия					
Д. В. Рундквист	1983	за цикл работ «Магматические и эндогенные формации Сибири» (1964–1980 гг.)				
Ю. В. Богданов, В. С. Домарев, Э. И. Кутырев	1986	за цикл работ «Стратиформные месторождения цветных металлов, их минеральные ресурсы и генезис»				
Г. В. Грушевой	1951	за успехи в изучении месторождений полезных ископаемых Закавказья				
В. А. Унксов	1952	за открытие в 1949 г. в Туве никель-кобальтового месторождения Хову-Аксы				
В. Т. Матвеенко	1946	за открытие ряда месторождений Au, Sn, W на Северо-Востоке СССР				
Н. Н. Курек	1947	присвоено звание «Заслуженный деятель науки Казахской ССР»				
Ю. Г. Старицкий	1990	присвоено звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации»				
В. В. Попов	1982	избран действительным членом Международной ассоциации по генезису рудных месторождений (МАГРМ)				
Д. В. Рундквист	1996	избран академиком-секретарем отделения геологии, геохимии и горных наук Российской академии наук				
Премия им. А. П. Карпинского в области геологических наук						
Л. И. Гурская	2010					
Е. В. Плющев	2015					
Знак «Первооткрыватель месторождения»						
А. В. МолчановА. В. ТереховВ. В. Шатов	2019	Морозкинское (золоторудное)				
Ю. В. Кузнецов	1999	Большой Тарын-Пиль				
	2012	Дражное				

Награды сотрудников отдела

При работах на листах Р-50 и Р-51 в процессе изучения отвалов промышленно алмазоносных трубок Мир, Дачная, XXIII съезда КПСС в ряде случаев установлена масштабная сульфидизация, гидротермальное осветление вмешающих карбонатных отложений. В стенке карьера трубки Дачная обнаружены карстовые полости с железистым оруденением и наложенной на них более поздней сульфидизацией (пирит, халькопирит). Этот факт, возможно, послужит в качестве дополнительного критерия при поисках алмазоносных трубок в пределах проницаемых структур (Вилюйско-Мархинская, Чаро-Синская и др. зоны разломов), а также рудных месторождений благороднометалльной или халькофильной специализаций нового типа.

Совместно с Московским филиалом ВСЕГЕИ сотрудниками отдела с 2017 г. проводятся работы по ГК-1000/3 листа R-54 (И. Турчак, Д. Ю. Титов, М. А. Калинин) с подготовкой его к изданию.

За все время существования отдела шла активная подготовка научных кадров. С 1954 по 1988 г. в отделе защитили кандидатские диссертации 33 сотрудника. С начала 1990-х годов этот процесс прекратился, а в XXI в. были защищены две кандидатские диссертации – А. В. Терехова (2012) и Н. В. Шатовой (2019). В 2004 г. докторскую диссертацию защитил А. В. Молчанов. Подготовил к защите кандидатскую диссертацию Д. С. Артемьев, завершают диссертационные работы К. А. Кукушкин, Д. С. Козлов. Продолжают обучение в аспирантуре ВСЕГЕИ и Горного университета: М. А. Калинин, Д. А. Титов, А. В. Ушаков, Г. А. Козлов, Р. А. Исаев, Д. С. Ашихмин, Ю. Л. Светлова.

В настоящее время в отделе металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых работает 40 сотрудников, из них два доктора и шесть кандидатов геолого-минералогических наук.

Отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых в разные годы возглавляли: В. Г. Грушевой (1954–1963), В. С. Кормилицын (1964–1976), К. А. Марков (1977–1999), В. П. Феоктистов (2000–2007), А. В. Молчанов (с 2008 г.). В то же время руководителями металлогенического направления являлись заместители директора ВСЕГЕИ – Д. В. Рундквист, В. М. Терентьев и В. В. Шатов.

За многие годы существования отдела его сотрудники внесли заметный, а в ряде направлений решающий вклад в развитие отечественной металлогенической науки. Кроме того, они пополнили теоретические разработки открытием месторождений. Своим трудом геологи отдела внесли немалый вклад в создание мощной минерально-сырьевой базы страны, которая и сегодня является опорой многих отраслей народного хозяйства.

Труд сотрудников отдела достойно отмечен государством (таблица).

1. Атлас структур и текстур руд / С. И. Талдыкин, Н. В. Гончарик, Г. Н. Еникеева, Л. В. Розина. – М.: Госгеолтехиздат, 1954. – 60 с.

2. Бергер В. И. Сурьмяные месторождения. – Л.: Недра, 1978. – 295 с.

3. ВСЕГЕИ в развитии геологической науки и минерально-сырьевой базы страны. 1882–1982. – Л.: Недра, 1982. – 284 с.

4. ВСЕГЕИ в развитии геологической науки и укреплении минерально-сырьевой базы России. 1882–2002. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. – 576 с.

5. Геолком – ЦНИГРИ – ВСЕГЕИ в российской геологической картографии. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – 160 с.

6. Гурская Л. И., Молчанов А. В. От прогноза до открытия // Региональная геология и металлогения. — 2014. — № 58. — С. 116—124.

7. Денисенко В. К. Месторождения вольфрама. – М.: Недра, 1978. – 143 с.

8. Измененные околорудные породы и их поисковое значение: Сб. статей / под ред. Н. Н. Курека. – М.: Госнаучтехиздат, 1954. – 272 с.

9. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / под ред. Д. В. Рундквиста. — Л.: Недра, 1978. — 607 с.

10. Литогеодинамика и минерагения осадочных бассейнов / Е. Б. Басков, Г. А. Беленицкая, С. И. Романовский и др.; под ред. А. Д. Щеголова. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. – 480 с.

11. Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации. Т. 1: Прогнозно-металлогенический анализ / науч. ред. О. В. Петров. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 224 с.

12. Минерально-сырьевой потенциал недр Российской Федерации. Т. 2: Минерально-сырьевой и стоимостный анализ / науч. ред. О. В. Петров. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 492 с.

13. Общие принципы регионального металлогенического анализа и методика составления карт складчатых областей / под ред. П. М. Татаринова, В. Г. Грушевого, Г. С. Лабазина. – М.: Госгеолиздат, 1957. – 150 с.

14. Павлова И. Г. Медно-порфировые месторождения. (Закономерности размещения и критерии прогнозирования). – Л.: Недра, 1978. – 275 с.

15. Плющев Е. В., Шатов В. В., Кашин С. В. Металлогения гидротермально-метасоматических образований. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. – 560 с.

16. Попов В. Е. Вулканогенно-осадочные месторождения. – Л.: Недра, 1979. – 296 с.

17. Российский металлогенический словарь / гл. ред. А. И. Кривцов; составители: И. А. Нежинский, И. Г. Павлова, К. А. Марков, К. Б. Ильин, А. И. Кривцов, Ю. Г. Старицкий. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. — 320 с.

18. Рудные узлы России / ред. Е. В. Плющев. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 416 с.

19. Рудоносность и геологические формации структур земной коры / К. А. Марков, В. А. Трофимов, Ю. Г. Старицкий и др.; под ред. Д. В. Рундквиста. – Л.: Недра, 1981. – 423 с.

20. Юрий Александрович Билибин (некролог) / Х. М. Абдулаев, А. Г. Бетехтин, Д. В. Вознесенский и др. // Известия АН СССР. Серия геологич. – 1952. – № 4. – С. 3–8.

1. Atlas struktur i tekstur rud [Atlas of ore structures and textures]. Eds.: S. I. Taldykin, N. V. Goncharik, G. N. Enikeeva, L. V. Rozina. Moscow: Gosgeoltekhizdat. 1954. 60 p.

2. Berger V. I. Sur'myanye mestorozhdeniya [Antimony deposits]. Leningrad: Nedra. 1978. 295 p.

3. VSEGEI v razvitii geologicheskoy nauki i mineral'nosyr'evoy bazy strany. 1882–1982 [VSEGEI in the development of geological science and the mineral resource base of the country. 1882–1982]. Leningrad: Nedra. 1982. 284 p.

4. VSEGEI v razvitii geologicheskoy nauki i ukreplenii mineral'no-syr'evoy bazy Rossii. 1882–2002 [VSEGEI in the development of geological science and the strengthening of the mineral resource base of Russia. 1882–2002]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2002. 576 p.

5. Geolkom – TsNIGRI – VSEGEI v rossiyskoy geologicheskoy kartografii [Geolkom – TSNIGRI – VSEGEI in Russian geological cartography]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2006. 160 p.

6. Gurskaya L. I., Molchanov A. V. From forecast to discovery. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*. 2014. No. 58, pp. 116–124. (In Russian).

7. Denisenko V. K. Mestorozhdeniya vol'frama [Tungsten deposits]. Moscow: Nedra. 1978. 143 p.

8. Izmenennye okolorudnye porody i ikh poiskovoe znachenie: Sb. statey [Modified near-ore breeds and their search value: Collection of articles] Ed. N. N. Kurek. Moscow: Gosnauchtekhizdat. 1954. 272 p.

9. Kriterii prognoznoy otsenki territoriy na tverdye poleznye iskopaemye [Criteria for the prognostic assessment of territories for solid minerals]. Ed. D. V. Rundkvist. Leningrad: Nedra. 1978. 607 p.

10. Baskov E. B., Belenitskaya G. A., Romanovskiy S. I. i dr. Litogeodinamika i minerageniya osadochnykh basseynov [Lithogeodynamics and mineralogy of sedimentary basins]. Ed. A. D. Shchegolov. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 1998. 480 p.

11. Mineral'no-syr'evoy potentsial nedr Rossiyskoy Federatsii. T. 1: Prognozno-metallogenicheskiy analiz [Mineral and raw materials potential of the subsoil of the Russian Federation. Vol. 1: Forecast metallogenic analysis]. Scientific ed. O. V. Petrov. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2009. 224 p. 12. Mineral'no-syr'evoy potentsial nedr Rossiyskoy Federatsii. T. 2: Mineral'no-syr'evoy i stoimostnyy analiz [Mineral and raw materials potential of the subsoil of the Russian Federation. Vol. 2: Mineral-but-raw and cost analysis]. Scientific ed. O. V. Petrov. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2009. 492 p.

13. Obshchie printsipy regional'nogo metallogenicheskogo analiza i metodika so-stavleniya kart skladchatykh oblastey [General principles of regional metallogenic analysis and methods for compiling maps of folded areas]. Eds.: P. M. Tatarinov, V. G. Grushevoy, G. S. Labazin. Moscow: Gosgeolizdat. 1957. 150 p.

14. Pavlova I. G. Medno-porfirovye mestorozhdeniya. (Zakonomernosti razmeshcheniya i kriterii prognozirovaniya) [Porphyry copper deposits (Placement patterns and forecasting criteria)]. Leningrad: Nedra. 1978. 275 p.

15. Plyushchev E. V., Shatov V. V., Kashin S. V. Metallogeniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy [Metallogeny of hydrothermal-metasomatic formations]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2012. 560 p.

16. Popov V. E. Vulkanogenno-osadochnye mestorozhdeniya [Volcanogenic-sedimentary deposits]. Leningrad: Nedra. 1979. 296 p.

17. Rossiyskiy metallogenicheskiy slovar' [Russian metallogenic dictionary]. Chief ed. A. I. Krivtsov, compiled by I. A. Nezhinskiy, I. G. Pavlova, K. A. Markov, K. B. Il'in, A. I. Krivtsov, Yu. G. Staritskiy. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2003. 320 p.

18. Rudnye uzly Rossii [Ore nodes of Russia]. Ed. E. V. Plyushchev. St. Petersburg: VSEGEI. 2001. 416 p.

19. Markov K. A., Trofimov V. A., Staritskiy Yu. G. i dr. Rudonosnost' i geologicheskie formatsii struktur zemnoy kory [Ore-bearing and geological formations of the structures of the earth's crust]. Ed. D. V. Rundkvist. Leningrad: Nedra. 1981. 423 p.

20. Abdulaev Kh. M., Betekhtin A. G., Voznesenskiy D. V. i dr. Yuriy Aleksandrovich Bilibin. *Izvestiya AN SSSR*. 1952. No. 4. Seriya Geologicheskaya. Pp. 3–8. (In Russian).

Терехов Артем Валерьевич – канд. геол.-минерал. наук, зам. зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Artem_Terekhov@vsegei.ru> Шамахов Владимир Алексеевич – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹.

<vladimir_shamakhov@vsegei.ru>

Molchanov Anatoliy Vasil'evich – Doctor Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI¹. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>

Gurskaya Lyudmila Ivanovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI¹. <Lyudmila Gurskaya@platina.ru>

Kashin Sergey Vasil'evich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI¹. <Sergey_Kashin@vsegei.ru>

Solov'ev Nikolay Sergeevich - Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI¹.

Terekhov Artem Valer'evich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Head of Department, VSEGEI¹. <Artem_Terekhov@vsegei>

Shamakhov Vladimir Alekseevich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, VSEGEI¹. <vladimir_shamakhov@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.

Молчанов Анатолий Васильевич – доктор геол.-минерал. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ¹. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru> *Гурская Людмила Ивановна* – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Lyudmila Gurskaya@platina.ru>

Кашин Сергей Васильевич – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Sergey_Kashin@vsegei.ru> Соловьёв Николай Сергеевич – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹.
Андрей Яковлевич Кремс

17 июля 2019 г. исполнилось 120 лет со дня рождения доктора геолого-минералогических наук, Героя Социалистического Труда, заслуженного деятеля науки и техники Коми АССР и РСФСР, почетного гражданина города Ухты А. Я. Кремса.

А. Я. Кремс родился 17 июля 1899 г. (4 июля по ст. ст.) в небольшом рыболовецком поселке Зюд-Остов-Култук Джеватского уезда Бакинской губернии (Азербайджан) в семье рыбака. В 16 лет остался без родителей, на попечении старших братьев и сестры. В 1915 г. поступил в Бакинское политехническое училище, по окончании которого получил квалификацию техника-промысловика.

Первые шаги в профессии и науке А. Я. Кремс сделал еще студентом, когда лекции по прикладной геологии стал читать известный бакинский геолог Михаил Владимирович Абрамович, впоследствии академик. Под его руководством появилась первая статья А. Я. Кремса «Итоги экскурсии в Ясамальскую долину».

Окончание училища в 1919 г. совпало с личной трагедией молодого геолога — заболев тяжелой формой сыпного тифа, он полностью потерял слух. Тем не менее, едва оправившись от болезни, А. Я. Кремс приступил к работе в Балаханском геологоразведочном бюро «Азнефти», обучаясь в Азербайджанском нефтяном институте по специальности инженера-геолога.

Работал на промыслах Азербайджана чертежником, коллектором, геологом, старшим районным геологом, главным геологом Ленинского нефтепромыслового района объединения «Азнефть», руководил разведкой и разработкой этого самого крупного по тем временам нефтеносного района Азербайджана. В 1926 г. А. Я. Кремс доказал нефтеносность Балаханской площади, чем и положил начало возрождению всего Балахано-Сабучино-Романинского нефтяного района. В результате добыча нефти в Азербайджане выросла более чем на 3 млн т в год. Это сыграло основную роль в выполнении нефтяниками планов первой пятилетки в 2,5 года. В числе работников нефтяной промышленности, таких как С. М. Киров, А. П. Серебровский, И. М. Губкин, Указом ЦИК СССР 31 марта 1931 г. А. Я. Кремс был награжден Орденом В. И. Ленина «за особо исключительную работу, проявленную в борьбе за выполнение пятилетнего плана в нефтяной промышленности в два с половиной года».

Отстаивая необходимость возрождения Балаханского месторождения, А. Я. Кремс зарекомендовал себя как грамотный и энергичный профессионал. В январе 1934 г. по рекомендации И. М. Губкина его пригласили в Москву и назначили главным геологом Главного управление нефтяной промышленности СССР. С момента перехода на работу в Москву А. Я. Кремс начал осуществлять руководство поисками, разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений уже на всей территории СССР. Кроме того, он по совместительству заведовал кафедрой разведки нефтяных месторождений в Московском нефтяном институте, был заместителем председателя ВНИТО нефтяников.

Пребывание А. Я. Кремса в должности главного геолога Главнефти совпало с началом широкого развертывания геологоразведочных работ, в частности глубокого бурения на нефть в районах Волго-Уральской области, чему он уделял особое внимание. В результате был открыт первый ряд нефтяных месторождений главным образом в Башкирской АССР, Куйбышевской и Молотовской областях, положивших начало созданию и развитию крупной нефтяной промышленности на востоке европейской части Советского Союза.

В 1936 г. Андрей Яковлевич с группой специалистов был командирован в США для ознакомления с новейшими методами разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений. Результатом командировки стал вывод о необходимости широкого внедрения геофизических методов разведки в нефтяной промышленности СССР, необходимость которых А. Я. Кремс обосновал в статье «Организовать по-новому геолого-поисковые и разведочные работы на нефть» и в нескольких разделах монографии «Американская нефтяная промышленность», изданной по итогам поездки. В эти годы он опубликовал более 40 научных статей в ведущих журналах страны и обзорах нефтяных месторождений.

В июле 1937 г. в Москве проходил XVII Международный геологический конгресс. А. Я. Кремс был ответственным куратором Оргкомитета конгресса по проблемам нефти и непосредственно руководил Нефтяной экскурсией, маршрут которой включал нефтедобывающие районы Пермского Прикамья, Башкирской АССР, Кубано-Черноморского района и Закавказских республик.

В конце 1930-х годов многие специалисты в области геологоразведки подверглись репрессиям. А. Я. Кремс был арестован в сентябре 1938 г., а в мае 1939 г. по надуманному обвинению – участие в троцкистской организации и вредительстве – был осужден Особым совещанием

120 лет со дня рождения

Андрей Яковлевич Кремс

У скважины 8 Войвожского нефтегазового месторождения, из которой 19 марта 1946 г. ударил фонтан легкой нефти



А. Я. Кремс на лекции



при НКВД СССР по ст. 58, пп. 7,11 УК РСФСР сроком на 8 лет ИТЛ. Так бывший главный геолог страны оказался в Ухтижемлаге, в системе которого уже имелись нефтяные промыслы и строилась первая в СССР опытная нефтяная шахта. С этого момента и до конца дней вся жизнь Андрея Яковлевича была связана с Республикой Коми.

В преддверии войны руководство лагеря все усилия направляло на превращение Ухто-Печорского района в новую нефтяную базу на Европейском Севере. Желая использовать богатый практический опыт и широкие знания А. Я. Кремса в области нефтяной геологии, руководство Ухтпечлага направило в НКВД СССР ходатайство о его досрочном освобождении, которое было удовлетворено.

В короткий срок А. Я. Кремс энергично развернул деятельность по изучению нефтяных и газовых месторождений, предложив целую систему мероприятий по улучшению геологоразведочных работ в Ухтинском нефтегазоносном районе.

С самого начала своей деятельности в Ухте он решительнейшим образом настаивал на создании серьезной научной подосновы для геологоразведочных работ и в декабре 1940 г. выступил организатором первой геологической конференции Ухтижемлага, на которой озвучил идею о создании первой в Ухте самостоятельной научно-исследовательской организации – ЦНИЛ.

В период Великой Отечественной войны под руководством А. Я. Кремса впервые в СССР был освоен шахтный способ добычи нефти, давший нашей стране сотни тысяч тонн ценного горючего, организован первый в СССР крупный газовый промысел, что полностью обеспечило бесперебойную работу построенных Ухтижемлагом заводов высококачественной сажи.

В 1944 г. А. Я. Кремс возглавил правительственную комиссию по ознакомлению с состоянием поисковых работ Севморпути на нефть и газ и находился в командировке в районе Усть-Енисейского порта и Нордвика в Арктике. В результате им были предложены конкретные направления дальнейших работ для создания арктической базы по добыче нефти и газа и опубликованы несколько научных работ по этой проблеме.

Пятидесятые годы прошлого века в истории северной нефти были, пожалуй, самыми драматичными — началось падение добычи, снижались темпы разведки новых месторождений. В эти годы на самом высоком уровне ставился вопрос о свертывании разведочных и буровых работ. А. Я. Кремс был одним из немногих, кто верил в будущее Тимано-Печоры и настаивал на продолжении геологоразведки. В августе 1950 г. он направил докладную записку в ЦК КПСС, где обосновал наличие серьезных предпосылок для создания в Коми АССР крупной нефтяной и газовой промышленности.

В течение 34-х лет А. Я. Кремс руководил геологоразведочными работами и научными исследованиями по подготовке сырьевой базы на северо-востоке европейской части России – в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. За этот период в Коми АССР открыты более тридцати месторождений нефти и газа, в том числе уникальные Западно-Тэбукское и Усинское нефтяные, Вуктыльское газоконденсатное, Войвожское и Нибельское газовые месторождения и др.

Занимая пост заместителя начальника и главного геолога Ухтинского территориального геологического управления, с 1966 г. А. Я. Кремс по совместительству исполнял обязанности руководителя лаборатории разведки газовых и газоконденсатных месторождений Коми филиала ВНИИГАЗ.

Андрей Яковлевич — автор и соавтор свыше 130 научных работ по геологии, в том числе нескольких монографий, а также большого числа газетных научно-популярных статей.

Одним из первых А. Я. Кремс выдвинул идею создания в Ухте высшего учебного заведения нефтяного профиля – до сих пор единственного вуза подобного профиля на Европейском Севере России. С момента образования вуза был избран заведующим кафедрой геологии на общественных началах, профессором, читал курс по истории геологии нефти и газа. Под его руководством в Ухтинском индустриальном институте была организована научно-исследовательская отраслевая лаборатория Актуальных проблем геологии нефти и газа Тимано-Печорской провинции, которая занималась разработкой направленных поисков нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений в Тимано-Печорской провинции и обоснованием поисков в пределах шельфовой зоны Печорского и Баренцева морей.

В 1965 г. А. Я. Кремс выступил организатором в Ухте Малой академии для школьников. При ней было создано девять факультетов, один из которых – геолого-геофизический – он возглавил.

А. Я. Кремс награжден тремя орденами В. И. Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, двумя орденами Красной Звезды и медалями. Имя А. Я. Кремса занесено в Книгу вечной трудовой славы Коми АССР. Его именем назван вид из класса брахиопод в девоне Русской платформы, улица в Ухте и Учебно-геологический музей УГТУ. На стене дома, где он жил последние годы, установлена мемориальная доска с барельефом ученого. А. Я. Кремсу присвоено звание«Ухтинец XX века».

Борисова Ирина Карловна — хранитель музейных предметов, Историко-краеведческий музей с кабинетом-музеем А. Я. Кремса МОГО «Ухта». Ул. Мира, д. 5Б, Ухта, Республика Коми, 169300, Россия.

Borisova Irina Karlovna — Museum of History and Local Lore with the cabinet-museum of A. Ya. Krems of the Ukhta. 5B Ul. Mira, Ukhta, Respublika Komi, 169300, Russia.

Александр Андреевич Кирсанов



Кирсанов Александр Андреевич родился в г. Октябрьский Башкирской АССР 17 октября 1949 г. После службы в Советской армии (1968– 1970 гг.) поступил на географический факультет Ленинградского государственного университета и в 1975 г. окончил его по специальности «геоморфология». Будучи студентом, в 1972 г. изучал строение ледника Абрамова (Памир) методами наземного радиолокационного зондирования. В 1973–1974 гг. участвовал в полевых работах на о-ве Западный Шпицберген в составе Шпицбергенской партии НИИГА (НИИ геологии Арктики).

Уже со студенческих лет Александр Андреевич проявлял интерес к дистанционным методам исследований и после окончания университета в 1975 г. поступил в Лабораторию аэрометодов (ЛАЭМ) Академии наук СССР (с 1986 г. – Всероссийский научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов – ВНИИКАМ) и работал на должностях инженера, а затем младшего и старшего научных сотрудников, зав. сектором (1986–1989), зав. аэрокосмогеологическим отделом (1989–1991) и зам. директора по научной работе (1991–2001).

С 1977–1985 гг. А. А. Кирсанов проводил исследования по использованию материалов аэрокосмических съемок при изучении структурно-тектонического строения и выявления локальных перспективных структур в Западно-Туркменской, Прикаспийской и Амударьинской нефтегазоносных провинциях, а в 1983 г. защитил диссертацию на тему «Рельеф и новейшая структура Юго-Западной Туркмении по материалам дистанционных съемок» и получил ученую степень кандидата географических наук.

Параллельно в 1983—1984 гг. он участвовал в геологических работах в составе 28-й Советской антарктической экспедиции. В 1980-х годах А. А. Кирсанов также занимался развитием перспективного направления — разработкой и внедрением в геологическую отрасль геоинформационных систем. По его инициативе во ВНИИКАМ была создана лаборатория геоинформационных технологий, которая проводила исследования по обработке и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли при геологических и геоэкологических исследованиях.

В 1986—1990 гг. Александр Андреевич, будучи ответственным исполнителем научных тем, руководил еще и контрактными работами по проведению радиолокационной аэросъемки с последующим использованием полученных материалов при геологических исследованиях в ряде стран Восточной Европы (Чехословакии, ГДР и Болгарии).

В 1986 г. Международным обществом фотограмметрии и дистанционного зондирования А. А. Кирсанову присуждена премия имени Эдуарда Доллежаля за значительный вклад в развитие дистанционного зондирования и геоинформационных систем в России.

В 1987 г. А. А. Кирсанов награжден серебряной медалью ВДНХ за внедрение научных разработок по применению дистанционных методов при поисковых работах на нефть и газ.

В 1990-х годах он начал работать в области создания концепции аэрокосмического мониторинга окружающей среды и экзогенных геологических процессов, геоэкологического картографирования, проводя исследования в различных регионах России. Одновременно руководит работами экологической тематики на базе многоспектральных космических снимков по контрактам с компаниями США, Франции и Испании, в том числе и с Национальным географическим институтом Франции по аэрокосмическому мониторингу природной среды Карельского перешейка.

С 2001 г. А. А. Кирсанов – заведующий сектором дистанционных исследований ВСЕГЕИ, а с 2008 г. и по настоящее время – директор центра дистанционных методов природоресурсных исследований ВСЕГЕИ. Он возглавляет научноисследовательские проекты по разработке современных методик и ГИС-технологий применения материалов аэро- и космических съемок при геологическом картировании, прогнозно-поисковых работах и мониторинге геологической среды. Основное направление работ центра – создание геоинформационных продуктов на базе современных данных многоспектральных и радиолокационных космических съемок. Наиболее важное направление – подготовка дистанционных основ государственных геологических карт нового поколения масштабов 1 : 1 000 000 и 1:200 000. Дистанционные основы имеют первостепенное практическое значение для повышения эффективности геологоразведочных работ и внедряются в производственные организации Федерального агентства по недропользованию.

В 2003–2006 гг. А. А. Кирсанов руководил крупным проектом по созданию атласов сводных карт для территории России – «Космический образ России», «Атлас геофизических карт России», «Атлас геохимических карт России». В течение нескольких лет под его научным руководством и при непосредственном участии создавалась Космогеологическая карта России масштаба 1 : 2 500 000.

В последние годы Александр Андреевич Кирсанов возглавляет и активно участвует в разработке нового перспективного направления — инновационных технологий использования данных гиперспектральной аэро- и космической съемок при прогнозно-поисковых работах. Применение подобных технологий дает возможность на ранних стадиях геологоразведочного процесса выявлять потенциально перспективные участки, что позволяет существенно снизить себестоимость работ за счет локализации районов поисков полезных ископаемых.

А. А. Кирсанов — автор более 130 научных публикаций (из них три монографии), 50 — опубликовано в зарубежных изданиях. Результаты его работ многократно представлялись на российских и международных конференциях и конгрессах.

В качестве эксперта Александр Андреевич участвовал в международных программах по

верификации материалов космической съемки – многоспектральных JERS-1 и ADEOS (космическое агентство Японии) и радиолокационных RADARSAT-1 (космическое агентство Канады).

А. А. Кирсанов активно сотрудничает с Роскосмосом, является членом Совета главных конструкторов, рабочих групп по вопросам использования заказчиками целевой информации с перспективных российских радиолокационных космических аппаратов и отработки технологий применения гиперспектральной аппаратуры «Ресурс П».

Александр Андреевич уделяет важное внимание научно-педагогической деятельности в Санкт-Петербургском государственном и горном университетах. На протяжении ряда лет он – председатель Государственной экзаменационной комиссии по защите выпускных экзаменационных работ Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета.

А. А. Кирсанов – член Ученого совета ВСЕГЕИ. На протяжении многих лет он входил в состав Координационного совета по развитию системы дистанционного зондирования природных ресурсов и окружающей среды МПР России, научно-методического совета по геологогеофизическим технологиям поисков и разведки твердых полезных ископаемых МПР России, научно-экспертного совета при государственном комитете по охране окружающей среды по Санкт-Петербургу и Ленинградской области, группы экспертов МПР России по направлению дистанционного зондирования и геоинформационных технологий.

Александр Андреевич Кирсанов принимал участие в разработке концепции и создании Национального атласа России (т. 2. Природа. Экология), является членом главной редакции Национального атласа Арктики.

За достигнутые успехи в научных исследованиях и полученные практические результаты А. А. Кирсанов награжден государственной наградой — медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, ведомственными знаками «Почетный разведчик недр» и «Отличник разведки недр», юбилейным знаком «300 лет горно-геологической службе России», медалью «В память 300-летия Санкт-Петербурга», дипломом Российского геологического общества.

> Дирекция, Ученый совет ВСЕГЕИ, коллеги, друзья

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Порядок направления, рецензирования и опубликования статей

Редакция в своей деятельности руководствуется правилами издательской этики и предотвращения недобросовестной практики публикаций. Перед отправкой рукописи в редакцию автору необходимо ознакомиться с условиями опубликования статьи в журнале, в том числе с данными Правилами для авторов и Этическими принципами научных публикаций, размещенными на сайте журнала.

Статьи должны соответствовать профилю журнала. К рукописи статьи прилагаются сопроводительное письмо организации, отзыв и акт экспертизы (для русскоязычных статей) о возможности публикации в открытой печати. Положительный отзыв (рецензия) не является основанием для публикации статьи.

Редакция осуществляет рецензирование всех поступивших материалов с целью их экспертной оценки. Окончательное решение принимает редколлегия, опираясь на результаты независимого рецензирования. Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет. При поступлении запроса редакция направляет копию рецензии в Министерство образования и науки РФ.

Статьи, требующие доработки, высылаются авторам. Если статья не принимается редколлегией к публикации, редакция журнала направляет авторам мотивированный отказ. Оригиналы статей не возвращаются.

Статьи от зарубежных авторов принимаются и публикуются на английском языке. Фамилия, имя, название статьи, аннотация, ключевые слова, список литературы должны быть представлены на двух языках – английском и русском.

Статья должна быть подписана автором (соавторами) перед списком литературы.

К статье обязательно прилагаются сведения обо всех авторах на русском и английском языках: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, должность, полное название организации, ее почтовый адрес, e-mail автора.

Плата за публикацию с авторов (в том числе аспирантов и соискателей) не взимается. Гонорары не выплачиваются.

При подготовке статей редакция просит руководствоваться следующими правилами:

1. Статья (с индексом УДК) должна быть представлена на электронном носителе (CD, эл. почта, сеть) в формате Microsoft Word с обязательным приложением распечатки в одном экземпляре на бумаге формата A4. Распечатка должна полностью соответствовать электронной версии. Шрифт текста Times New Roman, размер 12 пт, междустрочный интервал 1,5, абзацный отступ 1,25 см, форматирование по ширине, все поля по 20 мм. Страницы статьи должны быть пронумерованы.

Сложные формулы или отсутствующие в шрифте Times символы следует вносить вручную. Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Equation 3.0.

2. Рекомендуемый объем статьи 1 печ. лист, включая таблицы и графику. Один печатный лист текста равен 40 тыс. знаков (с пробелами). Печатный лист графических материалов равен 3000 см².

3. К статье обязательно прилагаются аннотация (не более 10 строк) и ключевые слова (не более 5–7 слов) на русском и английском языках.

4. Каждая таблица обязательно должна иметь название, слова в названиях таблиц не сокращаются. Вся

таблица набирается шрифтом Times New Roman (размер 9 пт, через один интервал). Максимальный размер таблиц не должен превышать размера журнальной полосы — 16 × 25 см. Однотипные таблицы строятся одинаково.

5. Размеры оригиналов рисунков не должны превышать размера полосы журнала (16×25 см). Каждый рисунок дается в отдельном файле (не вложен в Word!) без компрессии (сжатия) в форматах *.cdr (графический редактор Corel Draw до 15-й версии), *.eps (Encapsulated Post Script) и *.tif (Tagged Image File Format). Диаграммы должны быть отрисованы в графической программе, но не в Microsoft Office. Фотографии должны быть с разрешением не менее 300 пикс/дюйм. Размеры букв и цифр на рисунках должны быть не менее 2 мм, толщина линий не менее 0,2 мм.

Цветные графические материалы должны быть ориентированы на четырехкрасочную печать. Использование красок типа PANTON не разрешается. При подготовке рисунков в любой программе черный цвет шрифта и линий задавать как 100% Black.

Специальные шрифты на рисунках должны быть переведены в кривые.

6. Вклейки (таблицы и рисунки больших размеров) редакция не принимает.

7. Таблицы и рисунки в текст не заверстываются и представляются отдельными файлами, распечатка производится на отдельных страницах. Все подрисуночные подписи собираются в отдельный текстовой файл. Рисунки (схемы) и таблицы должны иметь сквозную нумерацию.

8. Список пристатейной литературы составляется в алфавитном порядке и нумеруется. Публикации отечественных авторов в иностранной печати приводятся в списке иностранных работ. Ссылка на источник литературы в тексте — порядковый номер в квадратных скобках.

Не допускаются ссылки на неопубликованные работы (отчеты, авторефераты, диссертации и пр.), учебники. Ссылка на электронный источник оформляется как полнотекстовая ссылка с примечанием в скобках даты просмотра. Пример: (дата обращения: 28.07.2017).

Список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 «Библиографическая ссылка».

Список литературы должен быть представлен на двух языках – русском и латинице (романский алфавит).

Внимание! В романском написании обязательно приводятся в ссылке: на книгу — транслитерация названия и в квадратных скобках его перевод; на статью из журнала — транслитерация названия журнала и перевод заголовка статьи; на статью из сборника — перевод названия статьи и сборника.

Сайт для транслитерации – https://translit.ru/ru/bgn/.

9. При написании статей просим авторов использовать термины и понятия в значениях, зафиксированных в следующих изданиях:

Толковый словарь английских геологических терминов. Перевод с английского / под ред. Н. В. Межеловского. — М.: Геокарт, 2002.

Российский металлогенический словарь / под ред. А. И. Кривцова. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003.

Геологический словарь. 3-е издание. В трех томах / гл. ред. О. В. Петров. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2017.

Адрес редакции: 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74 Журнал «Региональная геология и металлогения»

Телефон редакции: 328-90-90 (доб. 23-23, 24-24)

E-mail: izdatel@vsegei.ru

Перечень статей, опубликованных в 2019 году

77

РЕГИОН	НАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY	
Г. В. Котляр		
	Глобальный стратотипический разрез и точка (ГСРТ) нижней границы сакмарского яруса приуральского отдела пермской системы (Южный Урал, Россия)	
	<i>G. V. Kotlyar</i> Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the lower boundary of the Sakmarian Stage of the Cisuralian, the Permian (South Urals, Russia)	
О. Г. Шуля	тин, Б. В. Беляцкий, А. А. Кременецкий Геохимические и изотопно-геохронологические исследования полихронных цирконов из маг- матических пород Срединно-Атлантического хребта и некоторые особенности его строения	11—19
	O. G. Shulyatin, B. V. Belyatsky, A. A. Kremenetsky Geochemical and geochronological studies of polychronic zircons in igneous rocks from the Mid- Atlantic Ridge and some features of its structure	
Т. А. Стро	ганова, Э. М. Прасолов Изотопный состав грунтовых и поверхностных вод болотного массива Ламмин-Суо (Ленин- градская область)	20-26
	<i>T. A. Stroganova, Eh. M. Prasolov</i> Isotope composition of ground and surface waters of the Lammin-Suo swamp massif (Leningrad region)	
А. А. Рясно	й, Е. Н. Савельева Влияние вторичных процессов на коллекторские свойства карбонатных пород верейского нефтегазоносного комплекса (Северо-Запад Республики Башкортостан)	27-39
	<i>A. A. Ryasnoy, E. N. Saveleva</i> Influence of secondary processes on reservoir properties of carbonate rocks in the Vereysky oil and gas field (North-West of the Republic of Bashkortostan)	
Р. А. Жуко	Р. А. Жуков, Э. М. Пинский	
	Региональная геология: обретение себя	
	R. A. Zhukov, Eh. M. Pinsky Regional geology: to find oneself	
И. А. Зинче	енко	52-59
	Общая стратиграфическая шкала России: разработка ее цветовых моделей и адаптация для программных продуктов, реализующих технологию бассейнового моделирования	
	<i>I. A. Zinchenko</i> General stratigraphic chart of Russia: development of its colour models and adaptation for basin modeling software	
МЕТАЛЈ	ІОГЕНИЯ / METALLOGENY	
С. И. Турч	енко	60-66
	Высвобождение серы при метаморфизме пород в земной коре: применение к генезису золоторудных месторождений	
	S. I. Turchenko Sulfur release during rock metamorphism in the Earth's crust: application to gold deposits genesis	
Л. Б. Макарьев, У. С. Ефремова, Р. Ш. Крымский, С. А. Сергеев Возраст и стадийность уранового оруденения Туюканского рудного узла (Тонодский район, Северное Забайкалье)		67—74
	<i>L. B. Makarev, U. S. Efremova, R. Sh. Krymsky, S. A. Sergeev</i> Age and stages of uranium mineralization in the Tuyukan ore cluster (Tonod district, Northern Transbaikalia)	

98-109

110-118

Н. В. Шатова, А. В. Молчанов, А. В. Терехов, В. В. Шатов, О. В. Петров, С. А. Сергеев, Э. М. Прасолов, 75–97 Г. П. Дворник, В. И. Леонтьев

Рябиновое медно-золото-порфировое месторождение (Южная Якутия): геологическое строение, геохимия изотопов благородных газов и изотопное (U-Pb, Rb-Sr, Re-Os) датирование околорудных метасоматитов и оруденения

N. V. Shatova, A. V. Molchanov, A. V. Terekhov, V. V. Shatov, O. V. Petrov, S. A. Sergeev, Eh. M. Prasolov, G. P. Dvornik, V. I. Leontev

Ryabinovoe copper-gold-porphyry deposit (Southern Yakutia): geology, noble gases isotope systematics and isotopic (U-Pb, Rb-Sr, Re-Os) dating of wallrock alteration and ore-forming processes

В. А. Степанов

Перспективы Приамурья на рудное золото

V. A. Stepanov

Potential of the Amur Region for ore gold

ДИСКУССИЯ / DISCUSSION

Б. А. Блюман

Геология океанов и континентов и возможность создания универсальной геодинамической концепции

B. A. Blyuman

Geology of oceans and continents and the possibility of creating a universal geodynamic concept

78

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY

Г. С. Искюль		5-20
	Фосфатизированные поверхности перерыва в известняках кундаского горизонта (дарривиль- ский ярус, средний ордовик) Северо-Запада России	
	<i>G. S. Iskyul</i> Phosphatized discontinuity surfaces in the limestone of the Kunda Regional Stage (Middle Ordovician) in northwest Russia	
Б. А. Зайц	Б. А. Зайцев, В. В. Аркадьев	
	Новые данные о нижнеюрских аммонитах бассейна реки Бодрак (Юго-Западный Крым)	
	B. A. Zaitsev, V. V. Arkad'ev New data on the Lower Jurassic ammonites of the Bodrak River Basin (Southwestern Crimea)	
Т. Л. Модзалевская		31-39
	Силурийские брахиоподы хребта Сетте-Дабан (Южное Верхоянье) и их палеогеографические связи	
	<i>T. L. Modzalevskaya</i> Silurian brachiopods of the Sette-Daban Ridge (South Verkhoyansk area) and their paleogeographic ties	
Н. И. Гусе	Н. И. Гусев, Л. Ю. Сергеева, С. Г. Скублов	
	Свидетельства переработанной эоархейской коры на Анабарском щите (Сибирский кратон)	
	N. I. Gusev, L. Yu. Sergeeva, S. G. Skublov Evidence of the reworked Eoarchean crust in the Anabar Shield (Siberian Craton)	
В. Ю. Забр	родин	58-69
	Основные черты геологического строения и тектоническая позиция Норско-Сухотинского прогиба (Дальний Восток)	
	V. Yu. Zabrodin Main geological features and tectonic position of the Norsko-Sukhotinsky Trough (the Far East)	
Э. М. Бугр	юва, И. В. Гульпа	70-75
	Новые сведения по стратиграфии верхнего мела и находка морского палеогена на востоке Чу-котского полуострова (по данным изучения фораминифер)	

E. M. Bugrova, I. V. Gulpa New data on Upper Cretaceous stratigraphy and the discovery of the marine Paleogene on the eastern Chukotka Peninsula (based on foraminifers' studies)

МЕТАЛЛ	ІОГЕНИЯ / METALLOGENY	
С. И. Турче	С. И. Турченко	
	Золото в морской воде докембрийских океанов: применимость к формированию золоторудных месторождений	
	S. I. Turchenko Gold in the seawater of Precambrian oceans: application to Au deposits formation	
А. А. Кирсанов, К. Л. Липияйнен, М. Ю. Смирнов, Г. А. Кирсанов, И. О. Смирнова, В. О. Павлова Выявление площадей, перспективных на золотое оруденение, на основе результатов обработи аэро- и космических гиперспектральных данных		82-90
	A. A. Kirsanov, K. L. Lipiyaynen, M. Yu. Smirnov, G. A. Kirsanov, I. O. Smirnova, V. O. Pavlova Identification of areas perspective for gold mineralization based on results of airborne and satellite hyperspectral data processing	
С. И. Труш	ин, В. Е. Кириллов, Д. С. Буханова, В. М. Чубаров Минералогические особенности золотых руд Албазинского и Ульбанского рудных районов (Хабаровский край)	91–97
	S. I. Trushin, V. E. Kirillov, D. S. Bukhanova, V. M. Chubarov Mineralogical features of gold ores from the Albazinsky and Ulbansky ore districts (Khabarovsk Territory)	
Л. И. Гурск	сая	98-102
	Хромитовые месторождения Сирийской Арабской Республики: строение, состав, перспективы	
	L. I. Gurskaya Chromite deposits of the Syrian Arab Republic: geology, composition, prospects	
ПАМЯТ	НЫЕ ДАТЫ / MEMORIALS	
Л. Р. Колба	нцев, О. К. Ермилова Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт в годы блокады Ленинграда (1941—1944)	103–116
	L. R. Kolbantsev, O. K. Ermilova All-Union Geological Research Institute during the Siege of Leningrad (1941–1944)	
ЮБИЛЕИ / ANNIVERSARIES		
	Евгений Александрович Козловский	117-119
	Evgeniy Aleksandrovich Kozlovskiy	

79

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY

М. А. Проскурнина, В. Ф. Проскурнин, Д. Н. Ремизов, А. Н. Ларионов	
Кольцевые интрузивы Беспамятнинского ареала: проявления шошонит-латитового магма- тизма на Северном Таймыре	
<i>M. A. Proskurnina, V. F. Proskurnin, D. N. Remizov, A. N. Larionov</i> Ring intrusions of the Bespamyatnaya Areal: manifestations of shoshonite-latite magmatism in Northern Taimyr	
Л. М. Буданов, А. Ю. Сергеев, Д. В. Рябчук, В. А. Жамойда, В. И. Хориков Геоэкологическое районирование дна восточной части Финского залива	
L. M. Budanov, A. Yu. Sergeev, D. V. Ryabchuk, V. A. Zhamoida, V. I. Khorikov Geoenvironmental zoning of the eastern Gulf of Finland bottom	

Региональная геология и металлогения № 80/2019

M. R. Zhuraev Refinement of hydrogeochemical setting during the formation of hydrogen-sulfide water in the Bukhara-Khiva artesian basin МЕТАЛЛОГЕНИЯ / METALLOGENY Н. И. Гусев, Л. Ю. Сергеева, Т. С. Строев, С. О. Савельев, А. Г. Шарипов, А. Н. Ларионов, С. Г. Скублов 49 - 67U-Pb возраст, геохимия и Lu-Hf систематика циркона из интрузивных траппов западной части Тунгусской синеклизы Сибирской платформы N. I. Gusev, L. Yu. Sergeeva, T. S. Stroev, S. O. Savel'ev, A. G. Sharipov, A. N. Larionov, S. G. Skublov U-Pb age, geochemistry and Lu-Hf systematics of zircon from intrusive traps of the western Tunguska Syneclise, the Siberian Platform С. И. Трушин, В. Е. Кириллов, В. В. Иванов, Е. А. Ноздрачёв 68 - 76Вулканогенно-кремнистый комплекс района Албазинского золоторудного поля (Хабаровский край, Россия) S. I. Trushin, V. E. Kirillov, V. V. Ivanov, E. A. Nozdrachev Volcanogenic-siliceous complex of Albasino gold field (Khabarovsk Territory, Russia) А. А. Пуговкин, Г. Б. Лебедева 77-88 Перспективы ураноносности восточной части Амуро-Зейской впадины (Нижне-Бурейская плошаль) A. A. Pugovkin, G. B. Lebedeva Uranium mineralization potential in the eastern part of the Amur-Zeya depression (Nizhnyaya Bureya area) А. М. Агаев, Р. Н. Мамедалиев, А. А. Байрамов, Э. А. Садыхов 89-97 Везувианы Кедабекских и Шишимских скарнов: общие и отличительные особенности A. M. Agaev, R. N. Mamedaliev, A. A. Bayramov, E. A. Sadikhov Vesuvianite from Gedabek and Shishim skarns: common and distinctive features ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ / MEMORIALS В. В. Шолохнев 98-111 Раскрывая архивы. К истории открытия В. К. Котульским месторождения богатых медноникелевых руд Ниттис-Кумужья-Травяная (Мончегорский рудный район, Кольский полуостров). К 140-летию В. К. Котульского V. V. Sholokhnev Opening archives. History of the discovery of the rich Nittis-Kumuzhya-Travyanaya coppernickel ore deposit (Monchegorsk ore field, the Kola Peninsula) by V. K. Kotul'skiy. To the 140th anniversary of V. K. Kotul'skiy В. И. Колесников, В. В. Андреев, Ю. А. Самохвалова, О. Е. Степурко, О. Н. Алексеева 112 - 120Санкт-Петербургской картографической фабрике ВСЕГЕИ – 80 лет V. I. Kolesnikov, V. V. Andreev, Yu. A. Samokhvalova, O. E. Stepurko, O. N. Alekseeva 80th anniversary of the St. Petersburg Cartographic Factory (VSEGEI) НЕКРОЛОГИ / OBITUARIES Памяти Андрея Витальевича Лапо 121 - 122In memory of Andrei V. Lapo

Памяти Виктора Людвиговича Масайтиса 122–124

In memory of Victor L. Masaitis

М. Р. Жураев

80

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ / REGIONAL GEOLOGY

Л. А. Дараг	ган-Сущова, В. Н. Зинченко, Ю. И. Дараган-Сущов, И. Н. Савельев	5-20
	О времени главного погружения до океанических глубин и масштабах разновозрастного рифтогенеза в Арктическом бассейне по результатам интерпретации сейсмических данных	
	L. A. Daragan-Sushchova, V. N. Zinchenko, Yu. I. Daragan-Sushchov, I. N. Savel'ev The time of the main submersion to the oceanic depths and the scale of different age rifting in the Arctic Basin based on the results of seismic data interpretation	
М. А. Наум	М. А. Наумчева, В. К. Голубев	
	Комплексы остракод пограничных отложений перми и триаса Московской синеклизы	
	<i>M. A. Naumcheva, V. K. Golubev</i> Ostracod assemblages from the Permian-Triassic boundary interval of the Moscow Syneclise	
И. И. Голуб	бева, Д. Н. Ремизов, И. Н. Бурцев, В. Н. Филиппов, А. С. Шуйский Флюидоэксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса Среднего Тимана и их парагене- тическая связь с карбонатитами	30-44
	I. I. Golubeva, D. N. Remizov, I. N. Burtsev, V. N. Filippov, A. S. Shuyskiy Fluid-explosion ultramafic rocks of the Middle Timan dyke complex and their paragenetic association with carbonatite	
А. С. Ибра	гимов	45-49
	Геолого-гидрогеологические и геохимические факторы скопления микроэлементов в хлоридных рассолах (на примере Бухаро-Каршинского артезианского бассейна)	
	A. S. Ibragimov Geological, hydrogeological and geochemical factors of trace elements accumulation in chloride brines: Case study of the Bukhara-Karshi artesian basin	
МЕТАЛЈ	ІОГЕНИЯ / METALLOGENY	
О. В. Петр	ров, Е. А. Киселёв, В. И. Шпикерман, Ю. П. Змиевский	50-74
	Прогноз размещения месторождений золото-медно-порфирового типа в вулкано-плутонических поясах восточных районов России по результатам работ составле- ния листов Госгеолкарты-1000/3	
	O. V. Petrov, E. A. Kiselev, V. I. Shpikerman, Yu. P. Zmievskiy Anticipating the distribution of gold-copper-porphyry-type deposits in volcanic-plutonic belts of Russia's eastern regions based on results of compiling sheets of the State Geological Map-1000/3	
А. С. Духан	нин, С. Г. Алексеев, Н. П. Сенчина Структура струйных ореолов рассеяния глубокозалегающих месторождений Рудного Алтая	75–94
	A. S. Dukhanin, S. G. Alekseev, N. P. Senchina Structure of jet-like dispersion halos of deeply buried mineral deposits in the Rudny Altai	
КРАТКИ	Е СООБЩЕНИЯ / BRIEF REPORTS	
Предварительные итоги работы Федерального агентства по недропользованию за 2019 и задачи на 2020 г.		95–96
	Preliminary working results of the Federal Agency on Mineral Resources over 2019 and plans for 2020	

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ / MEMORIALS

А. В. Молчанов, Л. И. Гурская, С. В. Кашин, Н. С. Соловьёв, А. В. Терехов, В. А. Шамахов 97–107 Отдел металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ВСЕГЕИ – прошлое и настоящее (к 65-летию отдела) *A. V. Molchanov, L. I. Gurskaya, S. V. Kashin, N. S. Solov'ev, A. V. Terekhov, V. A. Shamakhov* Department of Metallogeny and Geology of Mineral Deposits, VSEGEI, – past and present (65th anniversary of the Department)

И. К. Борисова

Андрей Яковлевич Кремс

I. K. Borisova Andrey Yakovlevich Krems

ЮБИЛЕИ / ANNIVERSARIES

Александр Андреевич Кирсанов

Alexander A. Kirsanov

108-110

111-112

Журнал, открытый современным направлениям регионального геологического изучения недр

Региональная геология и металлогения

Журнал предназначен для публикаций результатов фундаментальных и прикладных исследований в виде научных статей, докладов, информационных сообщений, обзоров, рецензий и пр. по направлениям:

- Региональная геология
- Стратиграфия
- Палеонтология
- Петрология
- Геохимия

- Закономерности и прогноз размещения месторождений полезных ископаемых
- Общая и региональная тектоника
- Структурная геология и геодинамика
- Глобальная и разведочная геофизика

Издательство ВСЕГЕИ Журнал «Региональная геология и металлогения»

Россия, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., д. 74 Телефон: (812) 328-90-90 (доб. 23-23, 24-24) E-mail: izdatel@vsegei.ru Сайт: www.vsegei.ru

Будем рады видеть ваши работы на страницах нашего журнала!