

Научная статья

УДК 51.72/.73:[551.24+552.11](571.56+571.65)
doi:10.52349/0869-7892_2024_100_73-94**Тектогенез и магматизм протерозоя
и начала палеозоя Верхояно-Колымской
складчато-надвиговой области:
новые данные по результатам геологического
картографирования масштаба 1 : 1 000 000
(третье поколение)****В. И. Шпикерман**✉Всероссийский научно-исследовательский геологический
институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия,
Vladimir_Shpikerman@karpinskyinstitute.ru✉**Ключевые слова:** ранний протерозой,
рифей, силур, магматизм, граниты,
структурное несогласие, U-Pb SIMS
датирование, островные дуги, Сибир-
ский палеоконтинент, Госгеолкарта-
1000/3, Северо-Восток России**Для цитирования:** Шпикерман В. И.
Тектогенез и магматизм протерозоя
и начала палеозоя Верхояно-Колым-
ской складчато-надвиговой области:
новые данные по результатам геологи-
ческого картографирования масштаба
1 : 1 000 000 (третье поколение) //
Региональная геология и металлогения.
2024. Т. 31, № 4. С. 73–94. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_73-94

Original article

UDC 51.72/.73:[551.24+552.11](571.56+571.65)
doi:10.52349/0869-7892_2024_100_73-94**Keywords:** Early Proterozoic, Riphean,
Silurian, magmatism, granites, structural
unconformity, U-Pb SIMS dating, island arcs,
Siberian paleocontinent, State Geological
Map (scale of 1 : 1,000,000 third generation),
North-East Russia**For citation:** Shpikerman V. I. Tectogene-
sis and magmatism of the Proterozoic
and Early Paleozoic Verkhoyansk-Kolyma
Fold-Thrust region: New geological map-
ping data, scale of 1 : 1,000,000 (third
generation). *Regional Geology and Metal-
logeny*. 2024;31 (4): 73–94. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2024_100_73-94

© В. И. Шпикерман, 2024

Аннотация. В статье приводятся некоторые результаты геологического картографирования масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения в централь-
ных районах Северо-Востока России. Рассмотрены новые данные по текто-
ническим структурам и магматическим комплексам, сформировавшимся
в раннем протерозое, в предвендское и в преддевонское время. В пределах
Приколымского террейна установлен аналог нижнепротерозойской (верхне-
карельской) улканской серии юго-восточной части Сибирской платформы.
Сделан вывод, что, по крайней мере, с конца среднего рифея и до начала
девона восточная (в современных координатах) окраина Сибири развива-
лась в основном в активном, скорее всего, островодужном режиме.**Tectogenesis and magmatism
of the Proterozoic and Early Paleozoic
Verkhoyansk-Kolyma Fold-Thrust region:
New geological mapping data,
scale of 1 : 1,000,000 (third generation)****V. I. Shpikerman**✉All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky,
Saint Petersburg, Russia, Vladimir_Shpikerman@karpinskyinstitute.ru✉**Abstract.** The paper informs about the new third-generation geological map-
ping data at a scale of 1 : 1,000,000 in central regions of North-East Russia.
There are new data on the Early Proterozoic, Pre-Vendian, and Pre-Devonian
tectonic structures and igneous complexes. The Prikolymsky Terrane has
an analogue of the Lower Proterozoic (Upper Karelian) Ulkan Series of the
southeastern Siberian platform. The eastern margin of Siberia (in modern
coordinates) is inferred to have developed mainly in an active, most likely
island-arc, regime at least from the end of the Middle Riphean to the begin-
ning of the Devonian.

ВВЕДЕНИЕ

Работы по геологическому картографированию территории Российской Федерации по программе Государственная геологическая карта масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения (далее — Госгеолкарта-1000/3) практически завершена. Они выполнялись строго в рамках номенклатурных проекций (листов) масштаба 1 : 1 000 000. Карты геологического содержания в комплекте каждого листа составлялись по единым методическим требованиям [1]. Это было именно картографирование, т. к. в качестве обязательных элементов в программу входили полевые исследования, использование материалов опорных геолого-геофизических профилей, данных дистанционного зондирования Земли и др. В процессе этих работ широко применялись реализованные лабораторной службой ФГБУ «Институт Карпинского» новейшие лабораторно-аналитические методы. Многого из использованного в работах по программе Госгеолкарта-1000/3 не было в распоряжении российских геологов еще 20–25 лет назад.

В статье приводятся некоторые новые геологические результаты, полученные в процессе геологического картографирования масштаба 1 : 1 000 000 в пределах Верхояно-Колымской складчато-надвиговой области, в состав которой входят: Верхоянский складчато-надвиговой пояс, Кулар-Нерский террейн пассивной континентальной окраины, Иньяли-Дебинский террейн межконтинентального рифтового бассейна, террейны Индигиро-Колымской складчато-надвиговой системы (Омудёвский и Приколымский пассивной континентальной окраины), островодужные террейны Алазейско-Олойской складчато-надвиговой системы (Рассошинский, Алазейский, Олойско-Березовский), Охотский и Омолонский кратонные террейны и др. [2–6]. Все перечисленные структурные элементы полностью или частично размещаются на территории Верхояно-Колымской серии листов Госгеолкарты-1000/3, границы которой охватывают большую часть одноименной складчато-надвиговой области (рис. 1). При участии автора в пределах серии составлено 4 листа Госгеолкарты-1000/3. Кроме того, автор проводил экспертизу и редактирование большинства листов серии в качестве главного редактора серийной легенды. Наиболее важные новации в геологическом строении территории Верхояно-Колымской серии, установленные в процессе выполнения программы Госгеолкарты-1000/3, излагаются в геосторической последовательности от древних комплексов к более молодым. В статье приведены новые факты только по наиболее древним (докембрий — первая половина палеозоя) комплексам, поскольку этот интервал геологической истории региона в наименьшей степени освещается в современных публикациях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Главным исходным материалом для подготовки статьи являются комплекты листов Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 нового

(третьего) поколения, составленные в пределах Верхояно-Колымской серии. При дальнейшем изложении в качестве доказательств и обоснования полученных результатов приводятся фрагменты этих карт, сопровождаемых результатами полевых наблюдений и лабораторно-аналитических исследований. В статье использованы также оригинальные материалы и личные наблюдения автора за несколько десятилетий геологических исследований в регионе.

В материалах статьи приводятся только новые лабораторно-аналитические данные, полученные современными методами в Центре изотопных исследований (далее — ЦИИ) ФГБУ «Институт Карпинского» и в Центральной лаборатории (далее — ЦЛ) института. Датирование геологических объектов в основном проводилось U-Pb SIMS методом на ионном микроанализаторе SHRIMP-II в ЦИИ. Химический состав горных пород определялся рентгено-спектральным флуоресцентным методом на спектрометре ARL 9800ф (силикатный анализ) в ЦЛ. Высокоточное определение содержаний микроэлементов в горных породах выполнялось также в ЦЛ масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) с лазерным пробоотбором (лазерной абляцией).

В связи с ограниченным объемом статьи, при обосновании возраста геологических тел U-Pb SIMS методом приводятся только графики с конкордиями. Исходные таблицы к графикам находятся в электронных базах данных комплекта каждого листа Госгеолкарты-1000/3. Для интерпретации геодинамической природы магматических образований по петрогеохимическим характеристикам нами использованы диаграммы распределения редкоземельных элементов (далее — РЗЭ), нормированных на хондрит по McDonough, W. F., Sun, [7] и редких элементов, нормированных на H-COX по Sun, McDonough [8] (спайдер-диаграммы). По мнению автора, эти диаграммы являются наиболее универсальными и показательными. Нами применена методика их интерпретации, изложенная в специальном методическом пособии для геологического картографирования (в издании, 2025). Данная методика разработана доктором геол.-минерал. наук Д. Н. Ремизовым на основе базы данных Института Макса Планка, Майнц, Германия по магматизму геодинамических обстановок, считающихся мировыми стандартами, и на основе большого объема данных, накопленных в ФГБУ «Институт Карпинского» в ходе работ последних 20 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранний протерозой: аналог улкания в Приколымье. В правобережном бассейне р. Колыма в междуречье Коркодон–Каменка широко распространена выделенная при геологическом картировании хакдонская серия, сложенная умереннощелочными метавулканитами кислого и основного составов (трахириолиты, трахиты, базальты), песчаниками и конгломератами (Алешко и др., 1980 г.). Возраст хакдонской серии, по данным В. И. Ткаченко [9],

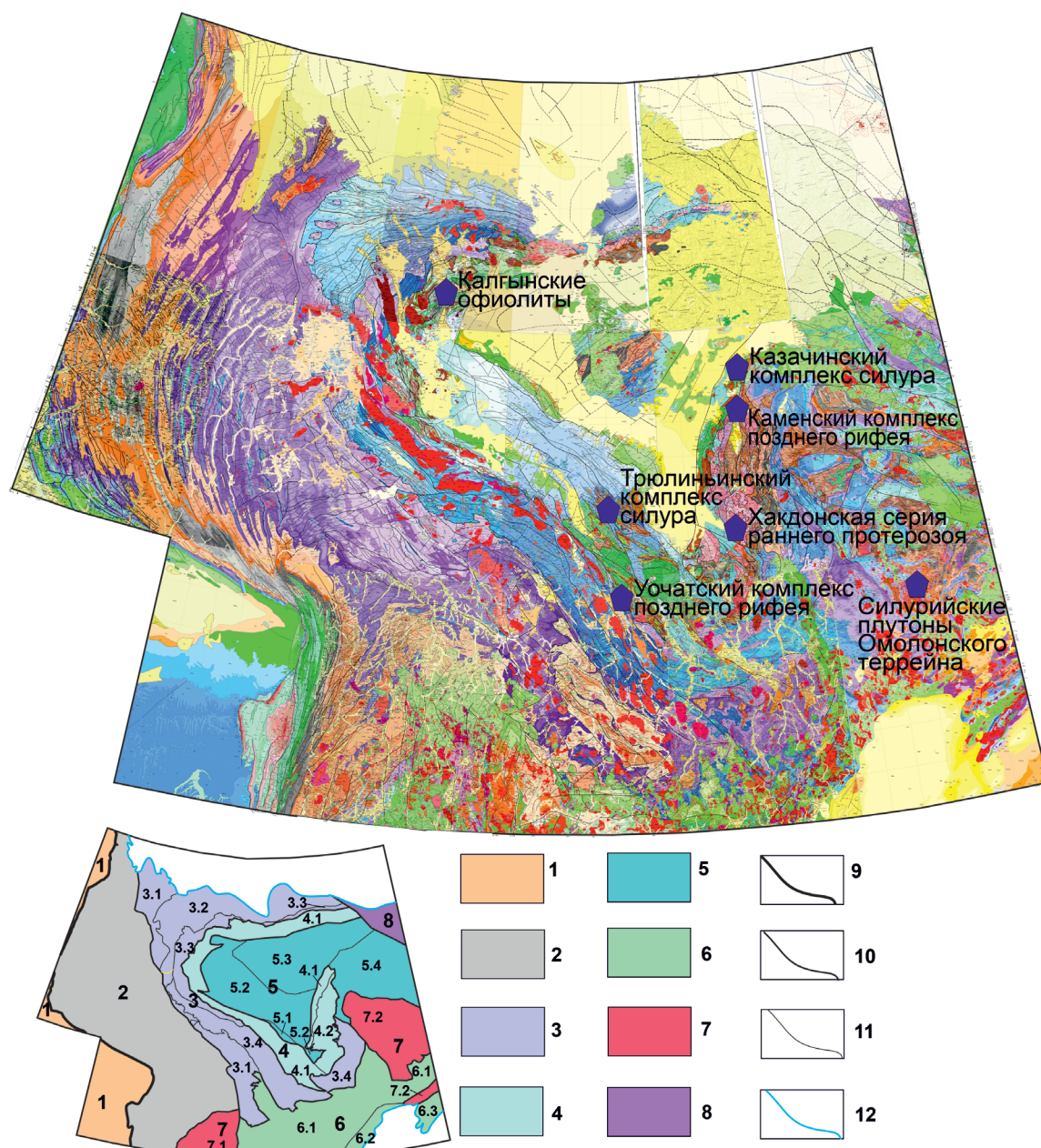


Рис. 1. Монтаж листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения в границах Верхояно-Колымской серии (17 листов геологической карты дочетвертичных образований). Синими многоугольниками показаны рассматриваемые в статье объекты магматических образований. На врезке снизу схема тектонического районирования Верхояно-Колымской серии листов Госгеолкарты-1000/3

1 — Сибирская платформа; 2–6 — складчато-надвиговые пояса и системы Верхояно-Колымской складчато-надвиговой области: 2 — Верхоянский пояс, 3 — Яно-Колымская система (террейны: 3.1 — Кулар-Нерский, 3.2 — Полоусненский, 3.3 — Нагонджинский, 3.4 — Иньяли-Дебинский), 4 — Индигиро-Колымская система (террейны: 4.1 — Омулёвский, 4.2 — Приколымский), 5 — Алазейско-Олойская система (террейны: 5.1 — Рассошинский, 5.2 — Аргатаско-Поповкинский, 5.3 — Алазейский, 5.4 — Олойско-Берёзовский), 6 — Охотско-Тайгоноская палеоостроводужная система (террейны: 6.1 — Вилигинский, 6.2 — Удско-Мургальский, 6.3 — Кони-Тайгоносский); 7 — кратонные террейны (7.1 — Охотский, 7.2 — Омолонский); 8 — Южно-Ануйская сутурная зона; 9–11 — границы: 9 — Верхояно-Колымской области; 10 — складчато-надвиговых поясов, систем и кратонных блоков; 11 — террейнов; 12 — береговая линия и границы приморских впадин

Fig. 1. Sheet assembly of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1 : 1,000,000 (third generation) within the Verkhoyansk-Kolyma series boundaries (17 sheets of the Pre-Quaternary Formations geological map). The blue polygons display relevant objects of igneous formations. The inset below shows a tectonic zoning diagram of the Verkhoyansk-Kolyma sheet series of the State Geological Map, scale of 1 : 1,000,000 (third generation)

1 — Siberian platform; 2–6 — fold-thrust belts and systems of the Verkhoyansk-Kolyma Fold-Thrust Region: 2 — Verkhoyansk Belt, 3 — Yana-Kolyma system (terraces: 3.1 — Kular-Ner, 3.2 — Polousnensk, 3.3 — Nagondzha, 3.4 — Inyali-Debin), 4 — Indigiro-Kolyma system (terraces: 4.1 — Omulevka, 4.2 — Prikolymye), 5 — Alazey-Oloy system (terraces: 5.1 — Rassoshino, 5.2 — Argatas-Popovkino, 5.3 — Alazey, 5.4 — Oloy-Berezovka), 6 — Okhotsk-Taigonos paleo-island arc system (terraces: 6.1 — Viliginsky, 6.2 — Uda-Murgala, 6.3 — Koni-Taigonos); 7 — cratonic terranes (7.1 — Okhotsk, 7.2 — Omolon); 8 — Yuzhny Anuy suture zone; 9–11 — boundaries: 9 — Verkhoyansk-Kolyma region; 10 — fold-thrust belts, systems, and cratonic blocks; 11 — terranes; 12 — coastline and boundaries of coastal basins

определялся как позднерифейский на основании ее несогласного залегания на отложениях чебукулахской серии среднего–верхнего рифея. Последняя датирована многочисленными сборами остатков строматолитов керпильского и лахандинского горизонтов [10]. Верхняя граница хакдонской серии определялась тем, что она с размывом и структурным несогласием перекрывается нижневендской сяпякинской свитой. В 2006 г. А. К. Худолей, В. И. Ткаченко и др. впервые опубликовали U-Pb SIMS датировку образца вулканитов хакдонской серии — 1710 ± 21 млн лет [11]. Однако эти данные не были учтены в обновленных стратиграфических схемах докембрия Приколымской структурно-фациальной области (далее — СФО), и в Решениях Межведомственного стратиграфического комитета России (далее — МСК) 2009 г. хакдонская серия осталась на уровне верхнего рифея стратиграфически выше чебукулахской серии [10].

Приступая к картированию протерозойских отложений Приколымья, составители листа Q-56 Госгеолкарты-1000/3 основывались на утвержденной МСК схеме [10]. В процессе полевых работ

исполнители изучили одно из опорных обнажений контакта чебукулахской и хакдонской серий (рис. 2) и, как казалось, убедились в правильности принятой схемы (рис. 2, а). После получения данных U-Pb возраста стало понятно, что соотношения серий здесь не стратиграфические, а тектонические. Раннепротерозойские вулканиты с возрастом 1 млрд 710 млн лет лежат на более молодых рифейских доломитах чебукулахской серии (рис. 2, b), то есть в данном обнажении наблюдаем послыйный надвиг. Аналогичные соотношения установлены и на других участках развития хакдонской серии.

В 2017–2018 гг. при составлении листа Q-56 из эффузивов и субвулканических тел кислого состава хакдонской серии U-Pb SIMS методом получены три конкордантные даты от 1738 ± 5 до 1704 ± 10 млн лет, отвечающие позднему карелию раннего протерозоя. Раннепротерозойский возраст хакдонской серии подтверждается также данными изучения возрастных спектров детритовых цирконов. Так, в пачке кварц-полевошпатовых метапесчаников, залегающих над метариолитами хакдонской серии, отсутствуют обломочные цирконы моложе

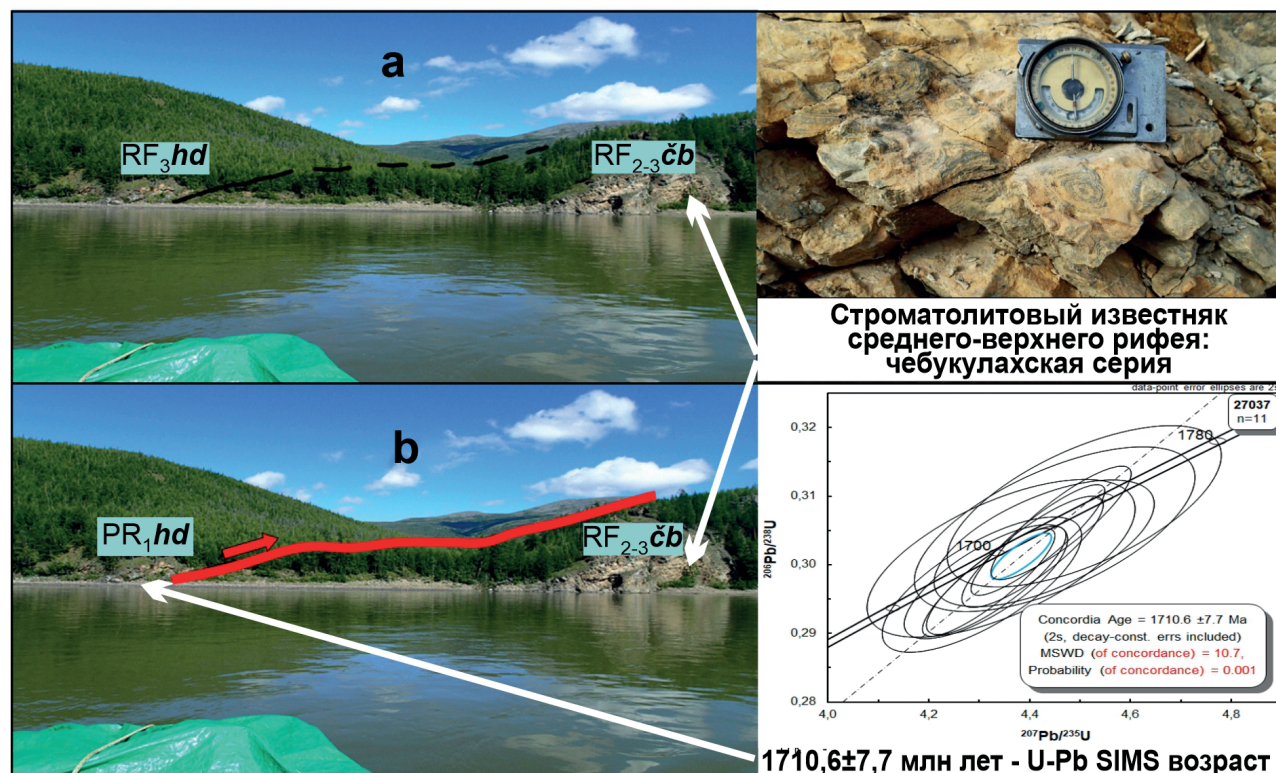


Рис. 2. Изменение представлений о соотношении хакдонской и чебукулахской серий в Восточном Приколымье

а — по материалам Госгеолкарты-1000/2 и [10] (стратиграфическая граница), б — после проведения работ по составлению листа Q-56 Госгеолкарты-1000/3 (послойный надвиг)

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом; а — на основе Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (новая серия), [4; 10]

Fig. 2. Changed views of the Khakdon and Chebukulakh series ratio in the Eastern Prikolya region

а — based on the State Geological Map, scale of 1 : 1,000,000 (second generation) and [10] (stratigraphic boundary), б — after creating sheet Q-56 of the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation) (layered thrust)

Source: by the author V. I. Shpikerman; а — adapted from the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (new series), [4; 10]

1660 млн лет. Эти данные противоречат поздне-рифейскому возрасту хакдонской серии. Дополнительным указанием на допоздне-рифейский возраст хакдонской серии является то, что в нижневендских песчаниках сяпкинской свиты, перекрывающей со структурным несогласием отложения нижнего и среднего рифея, а также хакдонскую серию, полностью отсутствуют обломочные цирконы моложе 1 млрд лет.

Магматические образования хакдонской серии на листе Q-56 выделены в хакдонский трахириолит-трахибазальтовый вулканический комплекс. В составе комплекса преобладают трахириолиты, риолиты и трахиты. Породы метаморфизованы на уровне зеленосланцевой фации. Для метаморфизованных вулканитов кислого состава порфириковой структуры часто используется местное наименование «порфириды». Вулканиты основного состава образуют стратифицированные залежи, межпластовые тела и дайки трахибазальтов, базальтов и андезибазальтов. Изучение химического состава изверженных

пород комплекса (табл. 1, № 1–5) отчетливо отразило бимодальный характер вулканизма хакдонского комплекса. Анализ распределения РЗЭ и редких элементов в породах комплекса показывает, что и базиты (обр. 27038/1, 27036/5) и кислые вулканиты (обр. 27039/0, 27037/0, 17022/9) обогащены редкими землями, особенно лантаноидами (рис. 3). Выделяются выраженные отрицательные аномалии Sr и Eu в вулканитах кислого состава (рис. 4). Эти петрогеохимические особенности указывают на то, что хакдонские вулканиты, вероятнее всего, являются производными бимодального внутриплитного рифтогенного магматизма на континентальном основании. Риолиты этой ассоциации — дифференциаты базальтового расплава.

Совокупность полученных данных позволяет сопоставить хакдонскую серию Приколымья с эльгэтэйской свитой нижнепротерозойской вулканской серии юго-востока Сибирской платформы [12; 13]. Сходство очевидное: состав и U-Pb возраст вулканитов, строение разреза и др. Вывод однознач-

Таблица 1

**Содержания породообразующих окислов (масс. %) и микроэлементов (г/т)
в магматических породах раннепротерозойского (№ 1–5) и рифейского (№ 6–8) возраста**

Table 1. Contents of rock-forming oxides (wt.%) and microelements (g/t) in the Early Proterozoic (nos. 1–5) and Riphean (nos. 6–8) igneous rocks

Комплекс	Хакдонский трахириолит-трахибазальтовый вулканический комплекс (PR ₁ hk)					Долериты каменского габбро-плагиогранитового плутонического комплекса (BRF ₃ km)		
	1	2	3	4	5	6	7	8
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
№ пр.	27038/1	27036/5	27039/0	27037/0	17022/9	17022/3	97007/7	17023/1
Порода	β	β	Ел	Ел	λ	β	β	β
SiO ₂	51,20	53,30	69,50	72,40	81,30	47,20	47,60	48,60
TiO ₂	2,04	2,50	0,51	0,51	1,49	2,66	1,31	3,26
Al ₂ O ₃	14,00	13,90	12,60	12,10	6,07	15,40	11,90	12,60
Fe ₂ O ₃ *	15,70	13,60	4,56	4,67	6,12	12,20	13,60	17,30
MnO	0,20	0,12	0,06	0,03	0,04	0,18	0,24	0,26
MgO	5,66	7,15	1,10	0,56	0,77	5,45	7,05	4,71
CaO	3,43	1,00	0,91	0,53	0,42	6,12	8,47	6,60
Na ₂ O	2,67	3,65	2,42	2,76	0,05	2,77	0,01	2,29
K ₂ O	1,34	0,70	6,36	4,56	1,48	0,28	0,05	0,06
P ₂ O ₅	0,50	0,53	0,10	0,07	0,07	0,44	0,10	0,49
ппп	3,12	3,28	1,54	1,34	1,57	7,15	9,50	3,05
Сумма	99,86	99,73	99,66	99,53	99,32	99,85	99,81	99,22
Микроэлементы								
La	32,80	69,50	101,00	102,00	40,30	29,90	4,72	11,70
Ce	67,10	134,00	193,00	200,00	80,10	55,40	11,40	27,20
Pr	8,52	16,70	21,80	23,10	9,40	7,29	1,76	4,10
Nd	36,00	66,60	79,40	90,90	35,00	30,90	9,27	21,10
Sm	6,48	12,00	13,50	15,90	7,48	6,33	2,72	5,86
Eu	2,08	2,65	2,26	2,15	1,46	2,36	1,07	2,06
Gd	6,59	11,80	11,70	14,20	8,17	6,29	3,53	6,55
Tb	0,93	1,68	1,69	2,01	1,50	0,88	0,64	1,06
Dy	5,29	9,50	8,77	10,50	10,60	4,64	4,11	5,78

Комплекс	Хакдонский трахириолит-трахибазальтовый вулканический комплекс (PR,hk)					Долериты каменского габбро-плагиигранитового плутонического комплекса (BRF ₃ km)		
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
№ пр.	27038/1	27036/5	27039/0	27037/0	17022/9	17022/3	97007/7	17023/1
Порода	β	β	Еλζ	Еλ	λ	β	β	β
Но	1,00	1,96	1,72	2,05	2,54	0,89	0,97	1,25
Er	2,74	5,36	5,06	5,86	8,32	2,31	2,81	3,54
Tm	0,38	0,73	0,69	0,83	1,34	0,30	0,41	0,47
Yb	2,35	4,79	4,74	5,30	9,34	1,96	2,60	2,90
Lu	0,36	0,76	0,76	0,83	1,58	0,29	0,43	0,42
V	248,00	92,60	6,99	20,50	131,00	203,00	300,00	286,00
Cr	37,50	1,61	15,70	9,97	12300,00	63,20	226,00	133,00
Ni	47,70	1,86	7,62	3,72	117,00	49,70	64,60	15,70
Rb	25,10	16,50	105,00	98,80	45,20	10,40	2,35	1,00
Sr	364,00	59,30	48,20	41,10	20,60	425,00	72,40	406,00
Y	27,70	52,80	49,60	58,60	70,40	24,90	27,20	33,40
Zr	157,00	378,00	463,00	493,00	1830,00	184,00	69,40	149,00
Nb	9,97	25,70	34,80	29,20	79,70	44,60	3,22	8,94
Ba	522,00	145,00	1190,00	784,00	261,00	218,00	14,40	36,60
Hf	3,75	9,63	11,40	12,80	48,50	4,22	1,96	3,54
Ta	0,55	1,44	1,99	1,62	4,37	2,61	0,21	0,56
Pb	13,10	6,99	6,79	7,50	4,60	9,32	4,25	10,50
Th	2,37	10,10	22,40	16,50	22,20	3,19	0,57	1,49
U	0,41	1,23	2,80	2,64	6,96	1,01	0,18	0,53

Индексы состава горных пород (строчка «порода») здесь и далее даны в соответствии с [1]; Fe₂O₃* — здесь и далее сумма окислов трех- и двухвалентного железа, приведенная к Fe₂O₃.

The rock composition indices (rock line) are given in accordance with [1] henceforward; Fe₂O₃* — the sum of tri- and divalent iron oxides is reduced to Fe₂O₃ henceforward.

Источник: [4]

Source: [4]

чен: хакдонская серия Восточного Приколымья — это улканий, дальневосточный аналог верхнего карелия [14].

Пересмотр возраста хакдонской серии Приколымья позволил не только изменить стратиграфическую схему докембрия Приколымской СФО [15], но и су-

щественно пересмотреть общую структуру Приколымского террейна. По современным данным, террейн представляет собой сложно построенный пакет крупных шарьяжно-надвиговых пластин, сформированный в результате неоднократного шарьирования в различных направлениях [4].

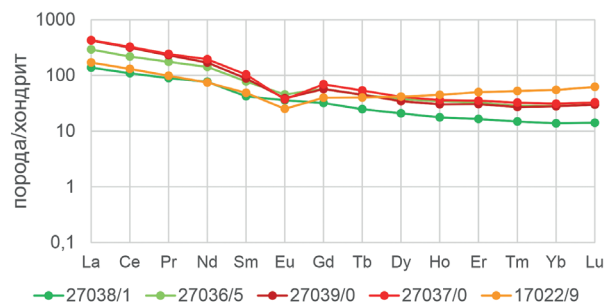


Рис. 3. Спектры редкоземельных элементов пород хакдонского трахириолит-трахибазальтового вулканического комплекса

Источник: [4]

Fig. 3. Rare earth element spectra of the Khakdon trachyrhyolite and trachybasalt volcanic complex rocks

Source: [4]

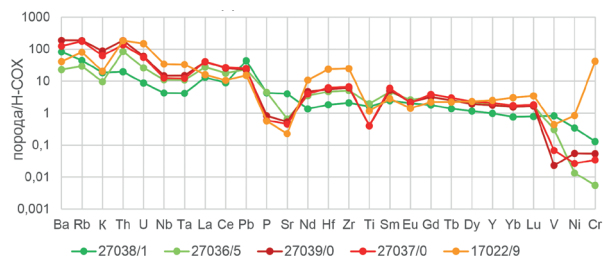


Рис. 4. Спайдер-диаграмма для пород хакдонского трахириолит-трахибазальтового вулканического комплекса

Источник: [4]

Fig. 4. Spider diagram for the Khakdon trachyrhyolite and trachybasalt volcanic complex rocks

Source: [4]

Поздний рифей: предвендский тектогенез и мазматизм. Проявления позднерифейских (предвендских) тектонических движений широко представлены на Северо-Востоке России в виде регионального структурного несогласия в основании нижневендских отложений. Это несогласие давно известно в основании юдомской серии хр. Сетте-Дабан (лист Р-53) [16], в основании сяпякинской свиты Приколымья (рис. 5 [4]). В некоторых районах венд из разреза выпадает, и это несогласие фиксируется в низах кембрия (подшова сезамской свиты Омолонского кратонного террейна на листах Q-56 [4] и Q-57 [17]) и даже в основании разреза ордовика (подшова зарской толщи Омүлёвского террейна на листе Q-55 [18]).

Еще одним проявлением предвендского тектогенеза является метаморфизм. В центральной части Приколымского террейна В. И. Ткаченко и И. П. Щербакова [19] в 1991 г. описали продукты послераннепротерозойского — довендского метаморфизма как Приколымский метаморфический пояс, границы которого определяются в основном за пределами зоны интенсивного предвендского динамотермального метаморфизма. В область влияния этого пояса попадают раннепротерозойские гранитогнейсы шаманихинского комплекса и гранитизированные образования колымской серии архея. В процессе U-Pb SIMS датирования при составлении листа Q-56 выяснилось, что на большинстве диаграмм с конкордией пород этих древних комплексов присутствуют дискордии с верхним пересечением около 2 млрд лет, что отражает время гранитизации образований колымской серии и формирование шаманихинского гранитогнейсового комплекса [4]. Нижние расчетные пересечения дискордий варьировать в широком временном диапазоне, но в целом (с учетом погрешностей) не выходят за пределы позднего рифея (900–600 млн лет). Эти данные

отражают позднерифейское термальное событие (динамотермальный метаморфизм) в пределах Приколымского террейна.

О позднерифейском магматизме в центральных районах Северо-Востока России ранее практически ничего не было известно. Благодаря широкому применению U-Pb датирования при выполнении программы Госгеолкарта-1000/3 магматические образования этого возраста уверенно установлены в нескольких районах. Наиболее отчетливо они проявлены на листе Р-55 в давно известном Учатском тектоническом блоке на юго-западе Омулёвского террейна [20]. Прямого аналога этому блоку на Северо-Востоке России нет. Возраст гранитоидов Учатского массива и метаморфических пород в его обрамлении трактовался разными исследователями от архея до мела. Так, на Госгеолкарте-1000 второго поколения гнейсо-гранитоиды в ядре массива показаны раннемеловыми [21]. В процессе работ по составлению листа Р-55 Госгеолкарты-1000/3 гнейсо-гранодиориты Учатского массива и ассоциирующие с ним небольшие тела гранитов и гранитных мигматитов были выделены в учатский мигматит-гранитовый комплекс. По данным многочисленных U-Pb SIMS датировок был установлен позднерифейский (предвендский) возраст комплекса ($639,0 \pm 3$ – $623,2 \pm 7,4$ млн лет) (рис. 6).

Химический и микроэлементный состав пород уочатского комплекса приведен в табл. 2. Гранитоиды комплекса имеют нормально- и умереннощелочной состав, с калиево-натриевым типом щелочности [22]. Анализ распределения РЗЭ и редких элементов в породах уочатского комплекса (рис. 7, 8) отчетливо отразил надсубдукционную, скорее всего, островодужную природу гранитоидов (энсиалическая островная дуга). На это указывают: отрицательная Ta-Nb аномалия при росте Ta относительно Nb,

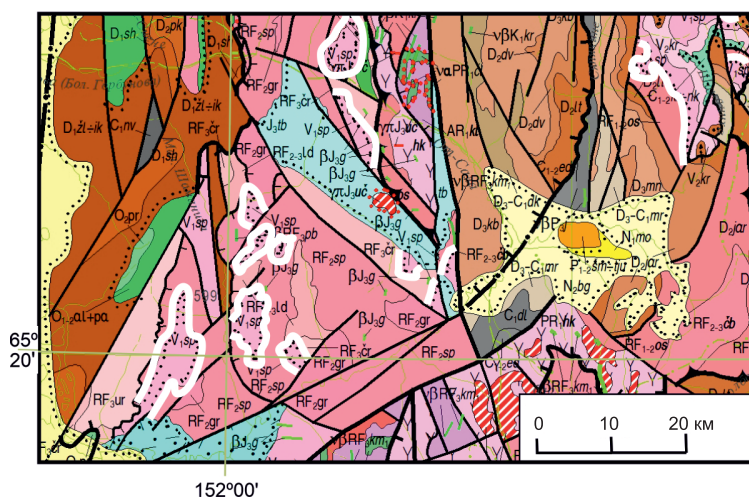


Рис. 5. Фрагмент геологической карты дочетвертичных образований листа Q-56 Госгеолкарты-1000/3. Структурное несогласие в основании сяпянской свиты нижнего венда (белые линии)

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [4]

Fig. 5. Fragment of the Pre-Quaternary Formations geological map, sheet Q-56 of the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation). Structural unconformity at the base of the Lower Vendian Syapyakine Formation (white lines)

Source adapted by the author V. I. Shpikerman from [4]

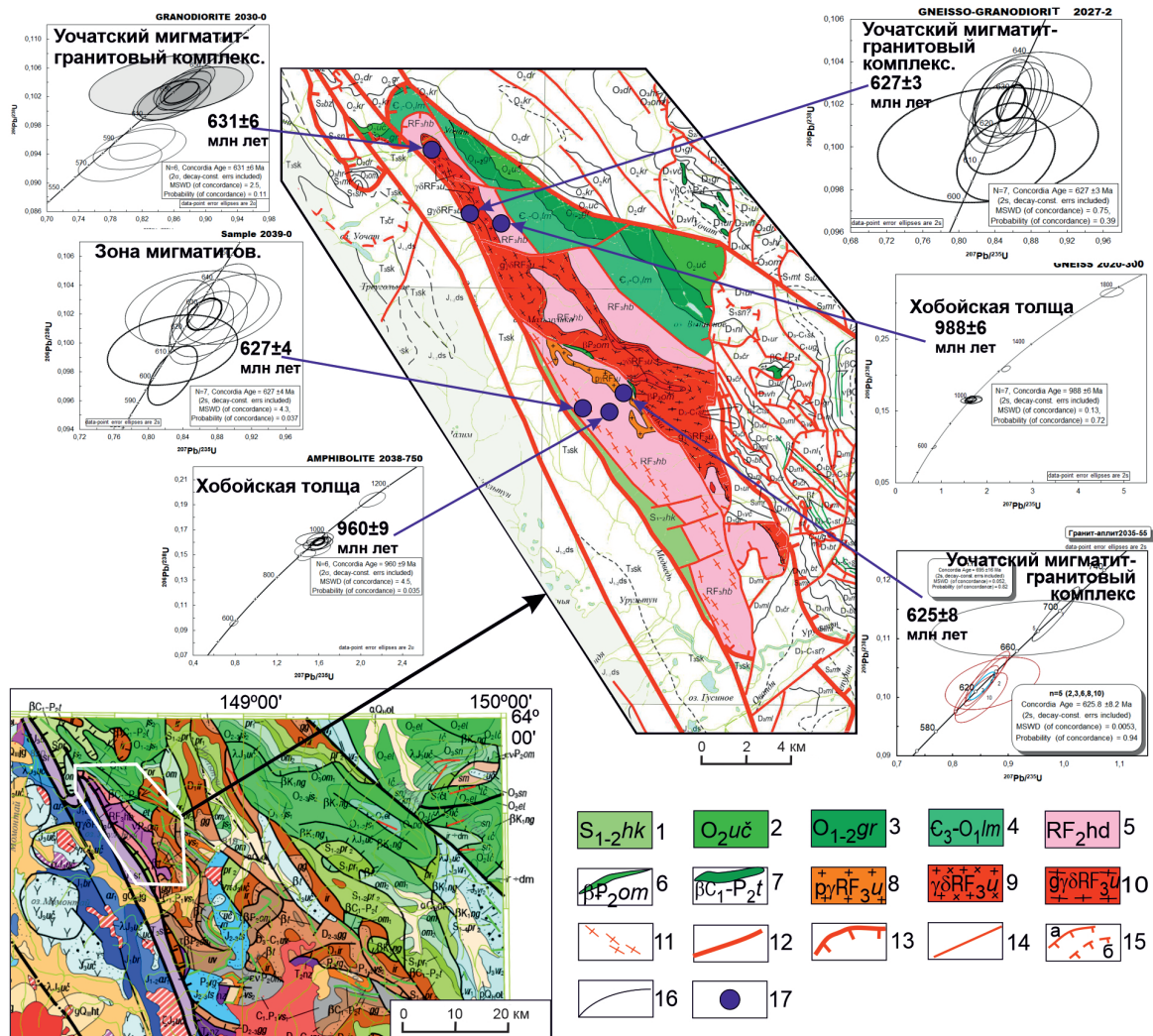


Рис. 6. Геологическое строение Уочатского блока в юго-западной части Омuléвского террейна с данными U-Pb датирования методом SIMS

1–5 — стратифицированные образования Уочатского блока: **1** — хекандинская свита венлокско-лудловского возраста (мраморизованные известняки, филлиты), **2** — уочатская свита дапинско-дарривильского возраста (известняки, доломиты, известковые песчаники), **3** — журская свита флюско-дапинского возраста (в основании — метаконгломераты, кварциты; верхняя часть — слюдястые сланцы, филлиты, глинистые известняки, известковые песчаники), **4** — лайминская свита позднемембрийско-тремадокского возраста (карбонат-слюдисто-хлоритовые и мусковит-хлоритовые сланцы, мраморы, кварциты), **5** — хобойская толща позднерифейского возраста (биотитовые и двуслюдяные плагиогнейсы, амфиболиты); **6–11** — магматические породы Уочатского блока и его обрамления: **6** — омuléвский тешенит-трахидолерит-лампрофировый комплекс эоценового возраста (дайки долеритов, габброидов, лампрофиров), **7** — тасканский долерит-габбродолеритовый комплекс каменноугольно-пермского возраста (дайки и штоки долеритов, габбродолеритов), **8–11** — уочатский мигматит-гранитовый комплекс позднерифейского возраста (8 — плагиограниты, аляскиты, 9 — гранодиориты, 10 — гнейсогранодиориты, 11 — линейные зоны гранитных мигматитов); **12–15** — разрывные нарушения: **12** — главные крутопадающие, **13** — главные надвиги, **14** — второстепенные крутопадающие, **15** — второстепенные надвиги (*a* — установленные, *b* — предполагаемые); **16** — стратиграфические границы (штриховкой показаны предполагаемые); **17** — точки отбора проб для U-Pb датирования методом SIMS с результатами датирования (графики с конкордиями и значения изотопного возраста в зарамочном оформлении). Слева внизу — северо-восточный фрагмент листа P-55 Госгеолкарты-1000/3 с контуром Уочатского блока

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [22]

Fig. 6. Geological composition of the Uoachat Block in the southwestern Omulevka terrane, with the SIMS U-Pb data included

1–5 — stratified formations of the Uoachat Block: **1** — the Wenlock-Ludlow Khekandinsky Formation (marbled limestones, phyllites), **2** — Dapingian-Darriwilian Uoachat Formation (limestones, dolomites, calcareous sandstones), **3** — Floian-Dapingian Zhura Formation (at the base: metaconglomerates, quartzites; upper part: micaceous schists, phyllites, clayey limestones, calcareous sandstones), **4** — Late Cambrian-Tremadocian Laimina Formation (carbonate, mica, chlorite and muscovite-chlorite schists, marbles, quartzites), **5** — Late Riphean Khoboy Unit (biotite and two-mica plagiogneisses, amphibolites); **6–11** — Uoachat Block igneous rocks and its adjacent areas: **6** — Eocene Omulevka teschenite-trachydolerite-lamprophyric complex (dykes of dolerites, gabbroids, lamprophyres); **7** — Carboniferous-Permian Taskan dolerite-gabbrodolerite complex (dykes and stocks of dolerites, gabbrodolerites), **8–11** — Late Riphean Uoachat migmatite-granite complex (8 — plagiogranites, alaskites, 9 — granodiorites, 10 — gneiss-granodiorites, 11 — granite migmatite linear zones); **12–15** — faults (**12** — main steeply dipping, **13** — main thrusts, **14** — secondary steeply dipping, **15** — secondary thrusts: *a* — established, *b* — inferred); **16** — stratigraphic boundaries (inferred by shading); **17** — sampling points, with the SIMS U-Pb data included (concordia diagrams and isotope age values in the margin). Bottom left — northeastern fragment of sheet P-55 with the Uoachat Block outline, the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation)

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [22]

Таблица 2

**Содержания породообразующих окислов (масс. %) и микроэлементов (г/т)
в магматических породах уочатского мигматит-гранитового комплекса рифейского возраста**

Table 2. Contents of rock-forming oxides (wt.%) and microelements (g/t) in the Riphean igneous rocks of the Uochat migmatite-granite complex

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ пр.	2027-2	34	2030/0	2034/80	2035/55	2038/0	2037	2038/140	2039/0	2042/468
Порода	гyδ	гyξ	γδ	гyδ	гyδ	γ	ly	ly	Мигматит	Мигматит
SiO ₂	59,30	64,20	68,10	68,10	71,70	72,80	74,00	74,50	65,30	74,00
TiO ₂	1,06	0,61	0,57	0,61	0,25	0,22	0,17	0,10	0,51	0,17
Al ₂ O ₃	16,20	16,60	14,10	14,50	11,90	13,9	13,90	13,90	14,90	13,50
Fe ₂ O ₃ *	7,32	4,43	4,39	4,02	5,07	2,43	1,56	1,32	3,94	1,70
MnO	0,12	0,069	0,063	0,057	0,027	0,028	0,02	0,023	0,054	0,021
MgO	2,89	1,38	1,54	1,39	0,60	0,46	0,38	0,45	1,00	0,44
CaO	5,53	2,62	3,31	2,38	0,74	0,83	1,35	1,84	2,55	1,52
Na ₂ O	3,58	2,97	3,00	3,35	2,44	3,25	3,60	3,59	3,20	3,13
K ₂ O	1,70	5,43	3,30	3,42	5,11	4,77	4,30	2,48	4,95	4,77
P ₂ O ₅	0,29	0,17	0,13	0,12	0,062	0,052	0,025	0,081	0,14	0,025
ппп	1,98	1,43	1,44	2,17	1,95	1,22	0,58	1,68	3,24	0,74
Сумма	99,90	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	99,90	100,00	99,80	100,00
Микроэлементы										
La	53,70	159,00	36,90	45,40	55,70	60,30	43,60	8,97	92,60	43,00
Ce	107,00	275,00	77,30	86,00	102,00	107,00	74,80	17,00	164,00	67,50
Pr	12,30	30,90	8,47	9,34	11,10	11,90	7,81	2,04	18,10	6,38
Nd	45,50	106,00	29,90	32,40	35,70	38,60	27,20	6,89	59,30	20,60
Sm	9,54	17,70	6,37	6,77	6,91	7,58	5,94	1,91	10,70	3,71
Eu	1,59	3,60	1,14	1,08	0,74	0,69	0,67	0,27	1,99	0,77
Gd	8,54	13,50	5,81	5,33	5,49	6,64	4,64	1,89	8,43	3,99
Tb	1,17	2,18	0,79	0,75	0,62	0,94	0,76	0,43	0,99	0,59
Dy	7,18	10,80	4,59	4,27	3,10	5,40	4,44	3,18	5,27	3,86
Ho	1,52	1,97	1,01	0,91	0,68	1,16	1,01	0,70	1,03	0,85
Er	4,08	5,70	2,74	2,40	1,41	2,87	2,82	2,10	2,57	2,44
Tm	0,64	0,84	0,40	0,33	0,19	0,47	0,44	0,38	0,45	0,41
Yb	3,80	4,96	2,58	2,58	1,02	2,63	2,88	2,23	2,54	2,24
Lu	0,58	0,65	0,39	0,37	0,16	0,37	0,49	0,32	0,41	0,43
V		60,10								
Cr		39,90								
Ni		16,9								
Rb		191,00	118,00	141,00	126,00	208,00	142	72,50	95,6	88,90
Sr	431,00	635,00	294,00	208,00	108,00	129,00	164	62,70	196	199,00
Y	43,10	54,50	27,80	25,00	14,80	31,60	28,4	18,80	28,6	25,90
Zr	346,00	408,00	225,00	185,00	163,63	173,00	125	55,30	230	116,00
Nb	15,80	22,40	14,20	16,30	8,75	15,70	23,7	34,60	12,7	8,53
Ba		2220,0								
Hf	7,93	11,30	5,45	4,71	4,05	4,91	3,95	2,20	4,92	3,55
Ta	1,16	1,99	1,32	1,38	0,84	2,10	4,5	11,30	1,08	1,27
Pb	18,90	20,20	11,50	17,50	24,50	12,00	8,16	7,29	8,96	10,20
Th	10,90	35,70	15,30	23,50	29,40	25,20	23,9	10,00	26,1	27,00
U	3,37	6,98	3,84	3,63	5,10	4,78	6,51	14,50	3,35	5,40

Источник: [22]
Source: [22]

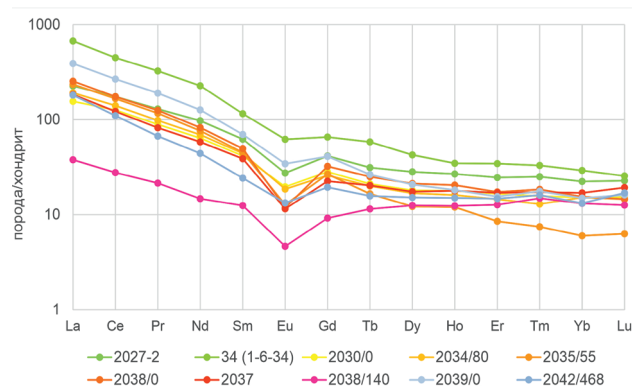


Рис. 7. Спектры редкоземельных элементов пород учатского мигматит-гранитового комплекса

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [22]

Fig. 7. Rare earth element spectra of the Uchat migmatite-granite complex rocks

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [22]

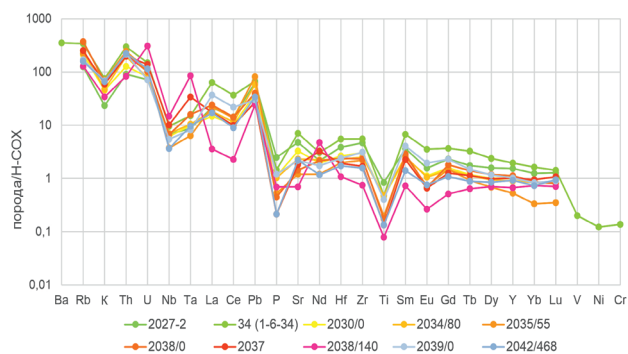


Рис. 8. Спайдер-диаграмма для пород учатского мигматит-гранитового комплекса

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [22]

Fig. 8. Spider diagram for the Uchat migmatite-granite complex rocks

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [22]

Таблица 3

Содержания породообразующих окислов (масс. %) и микроэлементов (г/т) в породах хобойской толщи рифея в Учатском блоке

Table 3. Contents of rock-forming oxides (wt.%) and microelements (g/t) in rocks of the Riphean Khoboy Unit in the Uchat Block

№ п/п	1	2	3	4	5
№ пр.	2038/750	2038/1112	2038/850	2038/800	2020/300
Порода	Амфиболит	Мигматизированный амфиболит	Гнейс биотитовый	Гнейс сульфидизированный	Гнейс двуслюдяной
SiO ₂	48,30	50,30	66,50	67,70	71,00
TiO ₂	1,18	2,30	1,00	0,69	0,36
Al ₂ O ₃	14,60	12,80	15,40	11,60	14,00
Fe ₂ O ₃ *	13,20	11,80	5,63	7,18	3,53
MnO	0,19	0,14	0,067	0,069	0,069
MgO	7,88	6,36	1,92	2,47	0,98
CaO	9,30	9,54	1,80	3,39	1,58
Na ₂ O	2,00	3,62	1,96	2,39	0,33
K ₂ O	1,61	0,41	3,86	2,39	6,24
P ₂ O ₅	0,084	0,40	0,10	0,86	0,10
ппп	1,65	2,40	1,78	1,24	1,71
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	99,90
Микроэлементы					
La	4,59	26,30	40,80	31,5	37,00
Ce	10,10	52,30	84,40	66,2	84,10
Pr	1,47	6,48	10,60	8,11	9,24
Nd	7,01	26,10	38,50	30,3	34,80
Sm	2,35	5,99	7,90	7,03	7,42
Eu	0,81	2,01	1,31	1,15	0,93
Gd	2,70	5,60	6,84	6,41	6,54
Tb	0,49	0,76	0,93	0,96	1,03
Dy	2,67	4,18	5,03	5,69	6,47
Ho	0,69	0,85	1,08	1,28	1,35

№ п/п	1	2	3	4	5
№ пр.	2038/750	2038/1112	2038/850	2038/800	2020/300
Порода	Амфиболит	Мигматизированный амфиболит	Гнейс биотитовый	Гнейс сульфидизированный	Гнейс двуслюдяной
Er	1,84	2,21	2,96	3,97	3,76
Tm	0,25	0,34	0,46	0,68	0,54
Yb	1,52	2,29	2,94	4,63	3,55
Lu	0,25	0,33	0,48	0,71	0,47
V					
Cr					
Ni					
Rb	71,20	13,00	143,00	126,00	241,00
Sr	136,00	226,00	67,10	58,20	53,90
Y	18,70	22,20	27,20	38,10	36,10
Zr	62,40	188,00	490,00	208,00	211,00
Nb	3,20	39,80	16,70	9,67	13,90
Ba					
Hf	1,86	4,45	11,40	4,87	5,99
Ta	0,22	2,23	1,11	0,92	1,24
Pb	6,14	5,06	9,19	8,67	14,40
Th	0,81	3,12	14,50	9,16	14,00
U	0,27	0,82	2,89	2,54	4,57

Источник: [22]

Source: [22]

отрицательная аномалия Eu с тенденцией ее углубления к более кислым разностям, отрицательные аномалии P, Ti, положительная аномалия Pb.

Вмещающая учатские гранитоиды хобойская толща, впервые выделенная на листе Р-55, также датирована U-Pb SIMS методом — началом позднего рифея (988–960 млн лет) [22]. В связи с высокой степенью

метаморфизма пород толщи в слагающих ее породах почти полностью утрачены структурно-вещественные признаки их первичного состава. Химический состав пород (табл. 3) позволяет сделать предположение, что мы имеем дело с метаморфизованной на уровне эпидот-амфиболитовой осадочно-вулканогенной толщей с бимодальной ассоциацией вулканитов. На этом

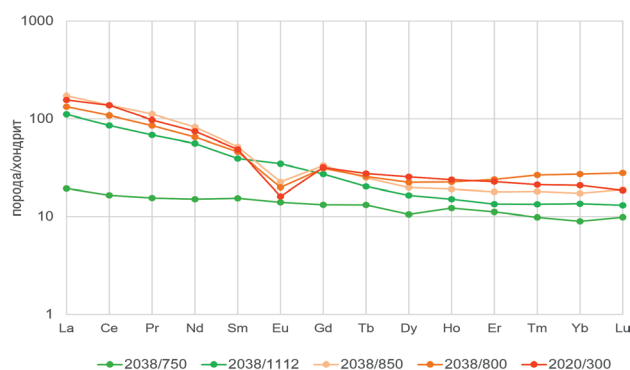


Рис. 9. Спектры редкоземельных элементов пород хобойской толщи рифея Учатского блока

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [22]

Fig. 9. Rare earth element spectra of the Riphean Khoboy Unit rocks of the Uchat Block

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [22]

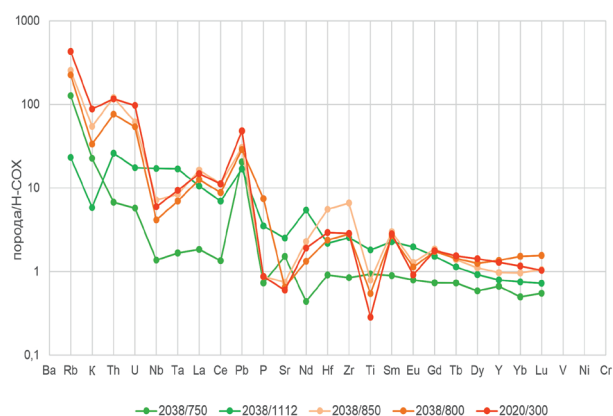


Рис. 10. Спайдер-диаграмма для пород хобойской толщи рифея Учатского блока

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [22]

Fig. 10. Spider diagram for the Riphean Khoboy Unit rocks of the Uchat Block

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [22]

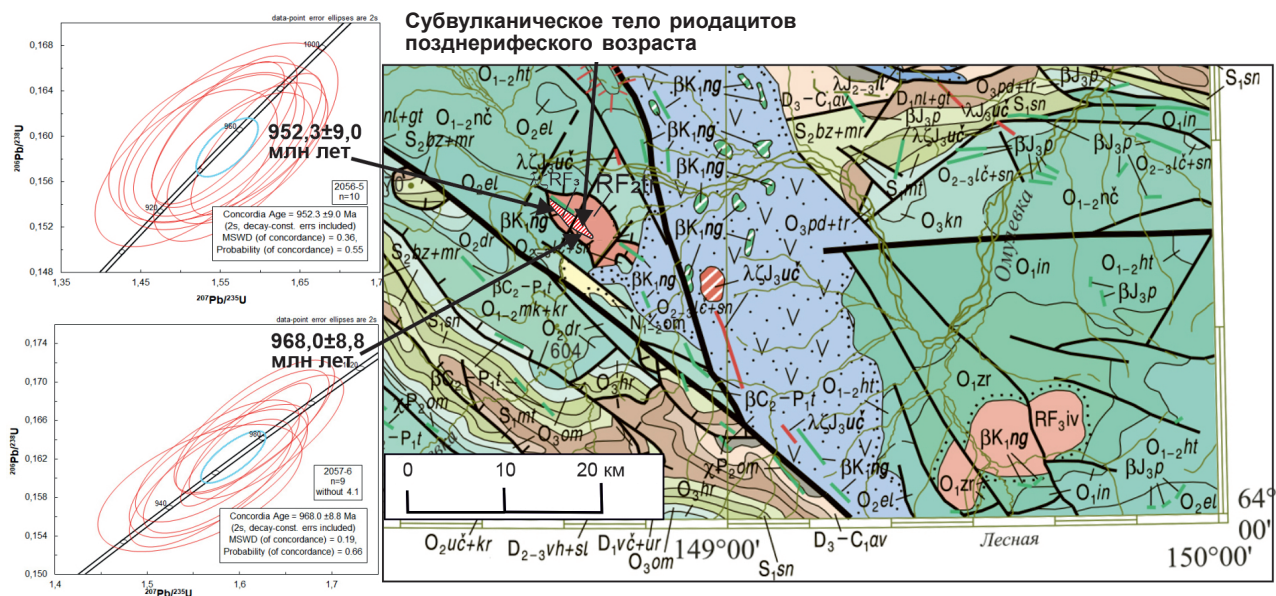


Рис. 11. Фрагмент юго-восточной части Геологической карты дочетвертичных образований листа Q-55 Госгеолкарты-1000/3 с данными U-Pb SIMS датирования вулканитов Журского блока

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [18]

Fig. 11. Southeastern fragment of the Pre-Quaternary Formations geological map (sheet Q-55, the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation), with the U-Pb SIMS data of the Zhura Block volcanics included

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [18]

основании автор ранее считал хобойскую толщу рифтогенной [22]. Однако проведенный впоследствии анализ распределения РЗЭ и редких элементов пород толщи (табл. 3, рис. 9, 10) не позволяет принять такую трактовку.

Метавулканыты кислого состава породной ассоциации хобойской толщи (гнейсы — пробы 2038/850, 2038/800, 2020/300) по химическому составу отвечают дацитам и риодацитам (табл. 3), а по характеру распределения микроэлементов соответствуют надсубдукционным, вероятнее всего также остророводужным вулканитам (рис. 9, 10). Вместе с тем, здесь же присутствуют метабазиты с внутриплитными характеристиками (амфиболиты — пробы 2038/750, 2038/1112 на рис. 9, 10). Такая ассоциация возможна в аккреционной призме островной дуги, где происходит тектоническое совмещение базальтоидов и островодужных вулканитов. Базальтоиды в этой ассоциации являются класталитами в общем хаотическом комплексе аккреционной призм.

Хобойская толща по возрасту и составу слагающих ее метавулканитов кислого состава сопоставляется с субвулканическими метариодацитами в среднерифейской тромбонской толще Журского тектонического блока в северо-восточной части Омулёвского террейна (рис. 11) [23]. Возраст этих вулканитов (местное название — порфириориды) был определен U-Pb SIMS методом в трех образцах из коллекции В. И. Шпикермана (1987 г.) при составлении листа Q-55 Госгеолкарты-1000/3: от $968,0 \pm 8,8$ до $952,3 \pm 9,0$ млн лет [18].

Еще один объект позднерифейского магматизма находится в центральной части Приколымского

террейна (лист Q-56). Там давно известен Каменский габбро-гранитный массив — петротип каменского габбро-плагиигранитового комплекса. Представления о его возрасте противоречивы. В. С. Шульгина, В. И. Ткаченко и др. [24] датировали комплекс поздним рифеем на основании того, что интрузивы и дайки комплекса прорывают отложения нижнего протерозоя и рифея, но отсутствуют в отложениях венда и палеозоя. Однако существует альтернативная точка зрения. Р. И. Протопопов в своей монографии [25] обосновывает принадлежность Каменского и Казачинского массивов к единому каменскому гранит-порфировому комплексу девонского возраста. В процессе работ на листе Q-56 в рамках программы Госгеолкарта-1000/3 были получены U-Pb SIMS датировки по цирконам из двух небольших тел метабазитов каменского комплекса: 651 ± 5 и $655,2 \pm 6,9$ млн лет [4]. Эти датировки подтверждают сделанные ранее выводы о позднерифейском возрасте комплекса.

В составе петротипического Каменского массива наблюдаются текстурные признаки механического смешения контрастных по составу магм (магматический минглинг). Базиты (долериты) и гранитоиды массива принадлежат к разным магматическим сериям: толеитовой и известково-щелочной соответственно [4]. Анализ распределения РЗЭ и редких элементов из долеритов (табл. 1, № 6–8; рис. 12, 13) показывает, что базиты каменского комплекса скорее всего следует относить к океаническим внутриплитным образованиям (высокое, в целом нормированное на хондрит отношение La/Yb). Вместе с тем, имеются признаки контаминации коровым

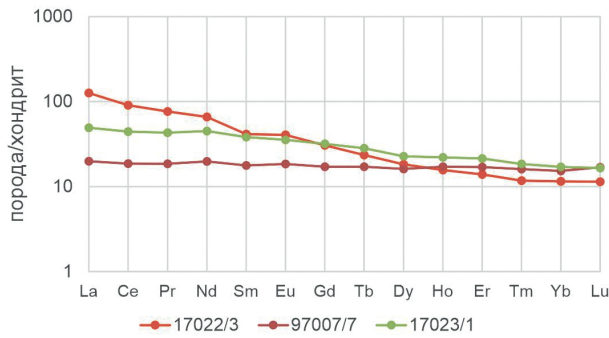


Рис. 12. Спектры редкоземельных элементов долеритов Каменского габбро-плагиогранитного массива

Источник: [4]

Fig. 12. Rare earth element spectra of the Kamensk gabbro-plagiogranite massif dolerites

Source: [4]

материалом (аномалия Pb, слабая отрицательная аномалия Ta-Nb, падение Ni и Cr без падения Ti). Эти данные в сочетании с признаками магматического минглинга более всего указывают на формирование каменского комплекса в обстановке закрытия энсиматического бассейна при транспрессионном взаимодействии континентальных блоков. Представляется, что это наиболее благоприятная обстановка для механического смешения контрастных по составу магм.

В содружестве исполнителей программы Госгеолкарта-1000/3 [26] со специалистами ГИН РАН получены новые данные о возрасте офиолитов хр. Черского (калгынский габбро-дунит-гарцбургитовый комплекс). До последнего времени доминировала точка зрения В. С. Оксмана [27] о палеозойском (силурийском) возрасте офиолитов. При этом не учитывались давно известные K-Ar, Ar-Ar и Rb-Sr датировки, указывающие на докембрийский (позднерифейский или вендский) возраст офиолитов [28–30], а также данные о кембрийских офиолитокластах в Рассошинском террейне Алазейско-Олойской складчато-надвиговой системы [31; 32]. В результате полевых работ, проведенных А. В. Ганелиным на петротипическом Калгынском массиве (лист R-54), получена U-Pb SIMS датировка метагаббро по циркону (рис. 14). Вариации значений возраста зерен циркона ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) находятся в интервале 610–581 млн лет [33]. Эти данные, полученные современным методом датирования, свидетельствуют о позднедокембрийском, скорее всего позднерифейском возрасте офиолитов хр. Черского.

По данным В. С. Оксмана, А. В. Ганелина и др. [34], калгынские метагабброиды «по геохимическим особенностям разделяются на две группы: первая сопоставима с составами океанических базальтов, а другая — с островодужными толеитами». С другой стороны, габброиды, по мнению тех же авторов, «отражают последовательные стадии кристаллизации единого родительского расплава типа N-MORB в океанической геодинамической обстановке». Структурное положение изученных

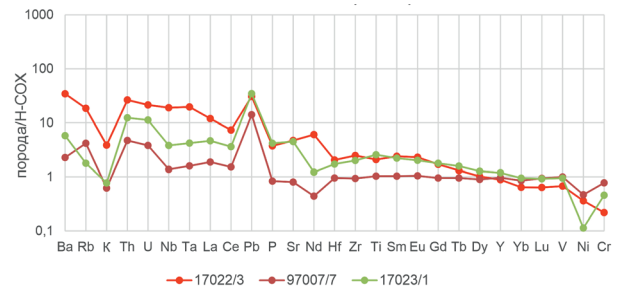


Рис. 13. Спайдер-диаграмма долеритов Каменского габбро-плагиогранитного массива

Источник: [4]

Fig. 13. Spider diagram for the Kamensk gabbro-plagiogranite massif dolerites

Source: [4]

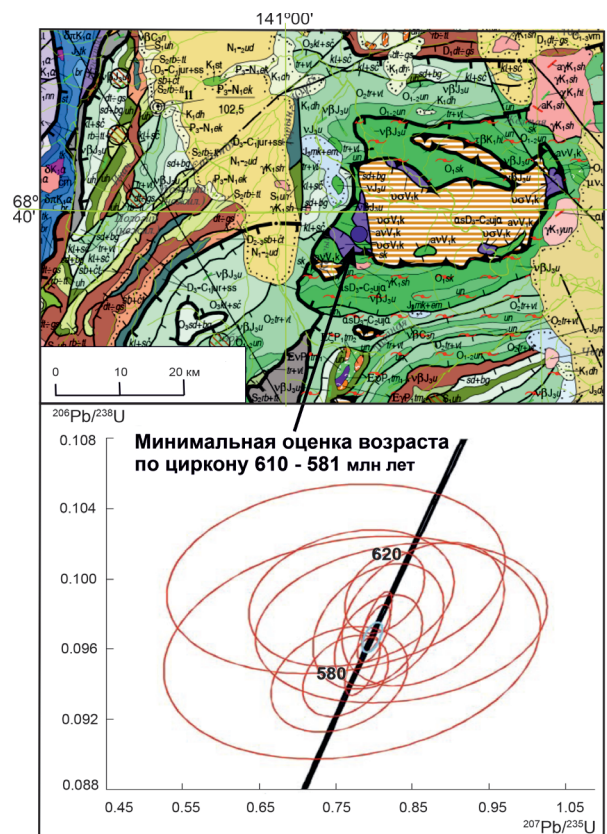


Рис. 14. Фрагмент Геологической карты дочетвертичных образований листа R-54 Госгеолкарты-1000/3 на участок петротипа калгынского габбро-дунит-гарцбургитового комплекса с данными U-Pb SIMS датирования. Темно-фиолетовый круг — место отбора пробы для датирования

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [26], данные U-Pb датирования — [33]

Fig. 14. Fragment of the Pre-Quaternary Formations geological map for the petrotype site of the Kalgyn gabbro-dunit-garzburgite complex (sheet R-54, the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation)), with the U-Pb SIMS data included. The dark purple circle locates the sample site for dating

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [26], the U-Pb SIMS data — [33]

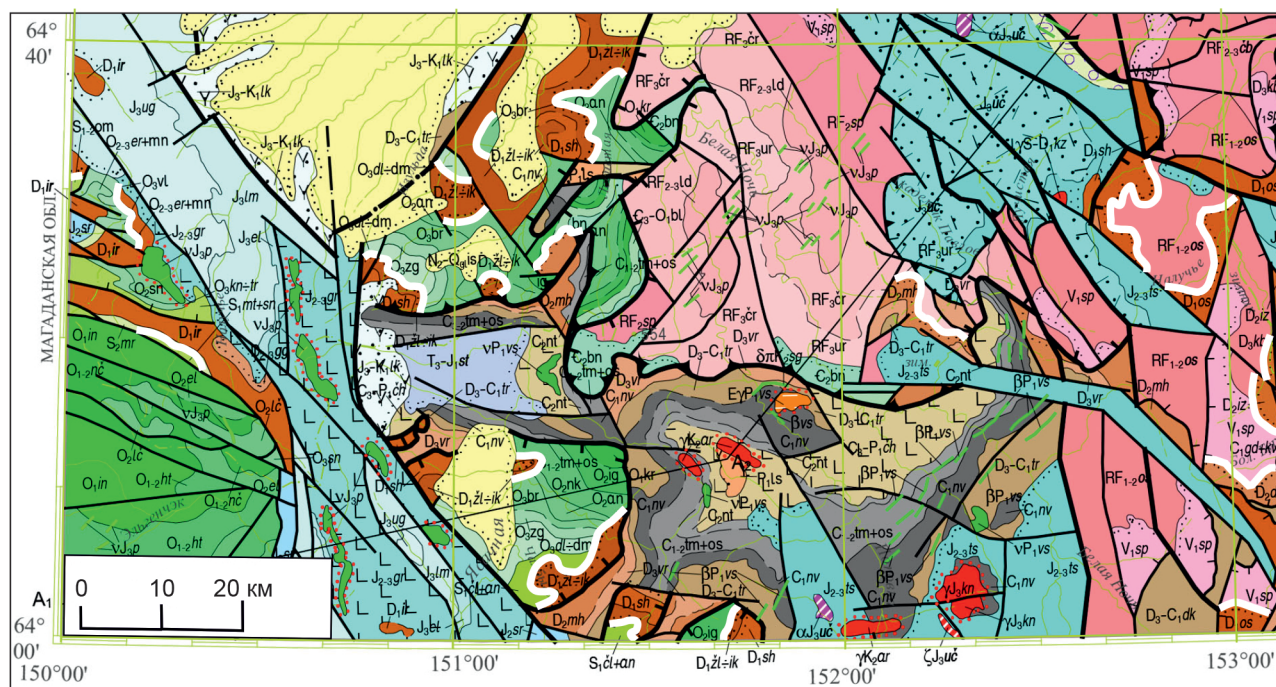


Рис. 15. Фрагмент юго-восточной части Геологической карты дочетвертичных образований листа Q-56 Госгеолкарты-1000/3. Границы структурных несогласий в подошве девонских отложений показаны белыми линиями

Источник: составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [4]

Fig. 15. Southeastern fragment of the Pre-Quaternary Formations geological map (sheet Q-56, the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation)). White lines display structural unconformity boundaries at the Devonian deposits base

Source: adapted by the author V. I. Shpikerman from [4]

габброидов внутри пакета надвиговых пластин (рис. 14) свидетельствует об обдукции офиолитов со стороны Алазейско-Олойской складчато-надвиговой системы на палеозойские образования карбонатного шельфа Омурского террейна.

Важной эпохой магматизма, следующей за позднепериферийской в Верхояно-Колымской области, является ордовик. С этим периодом связан вулканизм в пределах Рассошинского террейна, установленный в середине 1960-х годов В. М. Мерзляковым [35; 36]. Комплекс вулкаников Рассошинской островной дуги ордовикского возраста достаточно детально изучен и описан в многочисленных отчетах и публикациях [37–39]. При составлении листа Q-55 Госгеолкарты-1000/3 вулканиды ордовика были выделены и закартированы в составе булкупского трахит-трахибазальтового осадочно-вулканогенного комплекса [18]. Некоторым дополнением к данным по ордовикскому магматизму было обоснование U-Pb SIMS методом на листе Q-56 Госгеолкарты-1000/3 средне-позднеордовикского возраста гороховского долеритового комплекса (460–445 млн лет). Предполагается, что гороховские долериты могут быть субвулканическими аналогами островодужных базальтоидов Рассошинского террейна [4]. Каких-то принципиально новых данных по тектогенезу и магматизму в ордовике при выполнении программы Госгеолкарта-1000/3 не получено, поэтому в настоящей работе эта эпоха не рассматривается. Новые важные данные получены по постордовикскому (силурийскому) тектогенезу и магматизму.

Силурийский (преддевонский) тектогенез и магматизм. Проявления силурийских (преддевонских) тектонических движений широко представлены на Северо-Востоке России в виде многочисленных угловых несогласий в основании девонских стратифицированных образований. В большом количестве такие несогласия закартированы в Приколмые на листе Q-56: нижние границы железнинской (лохков) и останцовской (прага) свит (рис. 15).

Весьма ярко проявлено преддевонское структурное несогласие в Рассошинском террейне. Впервые несогласие в основании девона на этой территории было описано В. М. Мерзляковым [36]. Однако автор вынужден вновь вернуться к обоснованию этого важного элемента геологического строения Рассошинского террейна. Так, до сих пор в некоторых публикациях высказываются положения, что «силурийские метаморфизм и деформации в Рассошинском террейне не установлены» [40, с. 8]. И то, и другое в Рассошинском террейне присутствует.

Резко несогласное залегание девонских отложений на интенсивно дислоцированных и метаморфизованных в зеленосланцевой фации осадочно-вулканогенных толщах ордовика отмечено во многих местах (рис. 16, а). Наиболее детально оно задокументировано В. М. Мерзляковым (1968 г.) на водоразделе левых притоков р. Рассоха — руч. Шумный и р. Серечен (рис. 16, б, в). В дальнейшем такое строение этого участка было подтверждено и дополнено находками конодонтовой фауны М. Х. Гагиевым

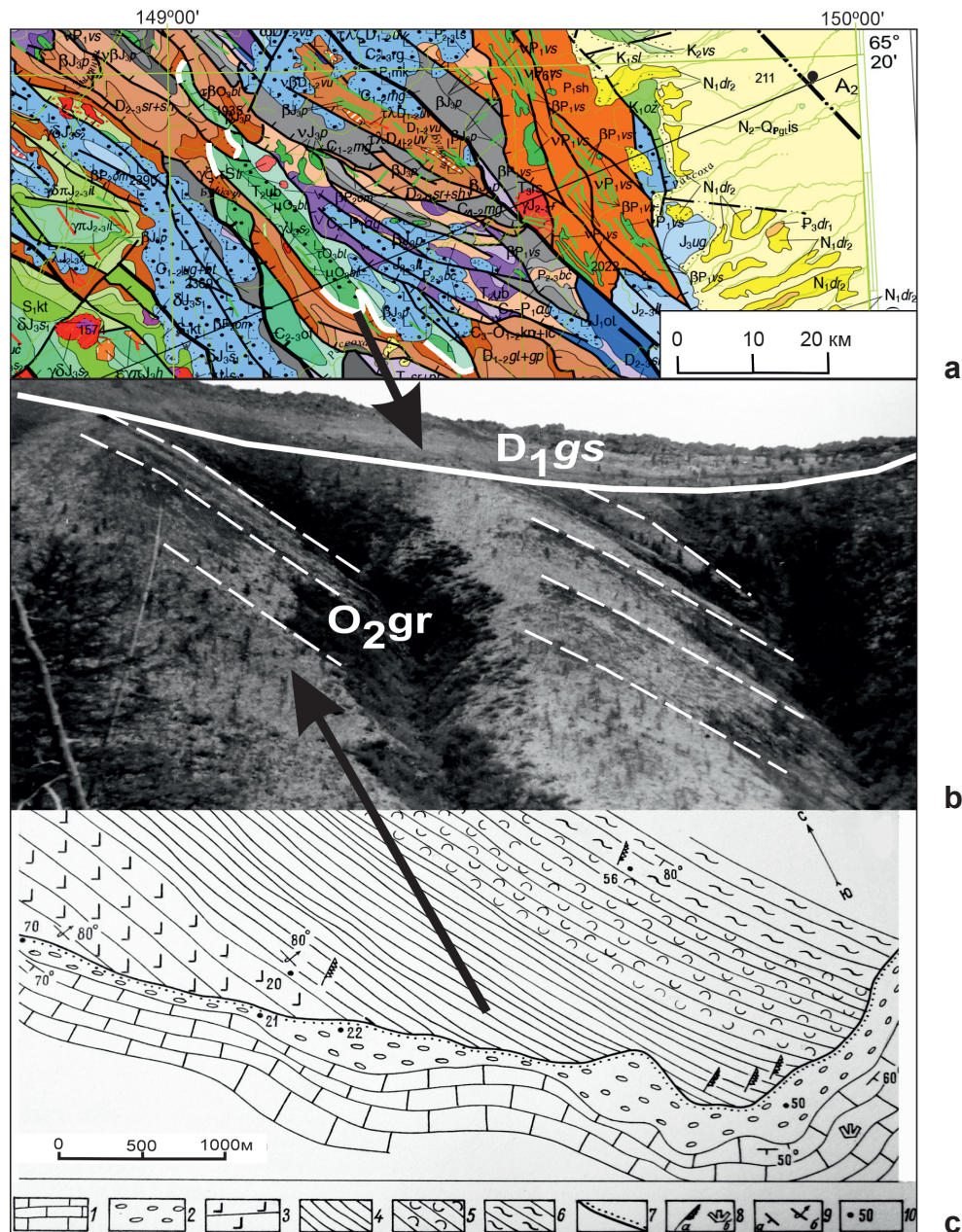


Рис. 16. Преддевонское структурное несогласие Рассошинского террейна

а — фрагмент геологической карты листа Q-55 Госгеолкарт-1000/3 [18] с указанием структурных несогласий в основании девонских отложений (белые линии); **б** — подошва гайской свиты лохкова (D_1gs), перекрывающей с угловым несогласием филлиты и глинистые сланцы горелышевской толщи среднего ордовика (O_2gr) (фото В. М. Мерзлякова, 1965 г.); **с** — Схема геологического строения на водоразделе руч. Шумный и р. Серечен (по материалам В. М. Мерзлякова, 1968 г.): **1, 2** — нижний девон (1 — калгарская свита — известняки, доломиты, 2 — гайская свита — базальные конгломераты, песчаники), **3** — верхний ордовик, булкуптская толща (трахибазальты, туфы), **4, 5** — средний ордовик (4 — горелышевская толща — глинистые сланцы, филлиты, туфы, 5 — биикская толща — туфы трахибазальтов, кремнистые аргиллиты), **6** — нижний–средний ордовик, иченская толща (филлиты, глинистые сланцы), **7** — граница несогласия, **8** — места соборов граптолитов (*a*), кораллов (*b*), **9** — залегание пород (*a* — нормальное, *b* — опрокинутое), **10** — точки наблюдения В. М. Мерзлякова

Источник: **а** — составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [18]; **б** — фото В. М. Мерзлякова, 1965 г.; **с** — неопубликованные материалы В. М. Мерзлякова, 1968 г.

Fig. 16. Pre-Devonian structural unconformity of the Rassoshino terrane

a — fragment of sheet Q-56, the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation)) [18], with structural unconformities at the Devonian deposits base (white lines) included; **b** — bottom of the Lokhov Gaisky Formation (D_1gs), overlying the phyllites and clayey shales of the Middle Ordovician Gorelyshevo Unit (O_2gr) with angular unconformity (photo by V. M. Merzlyakov, 1965); **c** — Geological structure diagram, the Shumnyy Creek and Serechen River watershed (from V. M. Merzlyakov, 1968): **1, 2** — Lower Devonian (1 — Kalgar Formation — limestones, dolomites, 2 — Gaisky Formation — basal conglomerates, sandstones), **3** — Upper Ordovician Bulkut Unit (trachybasalts, tuffs), **4, 5** — Middle Ordovician (4 — Gorelyshevo Formation — clayey shales, phyllites, tuffs, 5 — Biiskaya Unit — trachybasalt tuffs, siliceous argillites), **6** — Lower-Middle Ordovician, Ichenskaya Unit (phyllites, clayey shales), **7** — unconformity boundary, **8** — collecting points of graptolites (*a*), corals (*b*), **9** — rock bedding (*a* — normal, *b* — overturned), **10** — V. M. Merzlyakov's observation points

Source: **a** — adapted by the author: V. I. Shpikerman from [18]; **b** — photo by V. M. Merzlyakov, 1965; **c** — V. M. Merzlyakov's unpublished data, 1968

[41]. Аналогичные соотношения нижедевонской гайской свиты с нижележащими дислоцированными и метаморфизованными отложениями ордовика установлены и на других участках Рассошинского террейна [38].

Кроме Приколмыя и Рассошинского террейна преддевонское структурное несогласие проявлено в Омолонском кратонном террейне (основание кедонской серии девона на листах Р-57, Q-56,

Q-57) и на Охотском кратонном блоке (лист Р-54). На отдельных территориях нижняя граница этого несогласия опускается в верхний силур (основание мирненской свиты пржидолия северо-восточного края Омулёвского террейна на листах Р-56, Q-56). В других случаях, наоборот, несогласие фиксируется в основании среднедевонских свит (лотосская свита Приколмыя, лист Q-56). Важно отметить, что в большинстве районов, где отчетливо проявлено

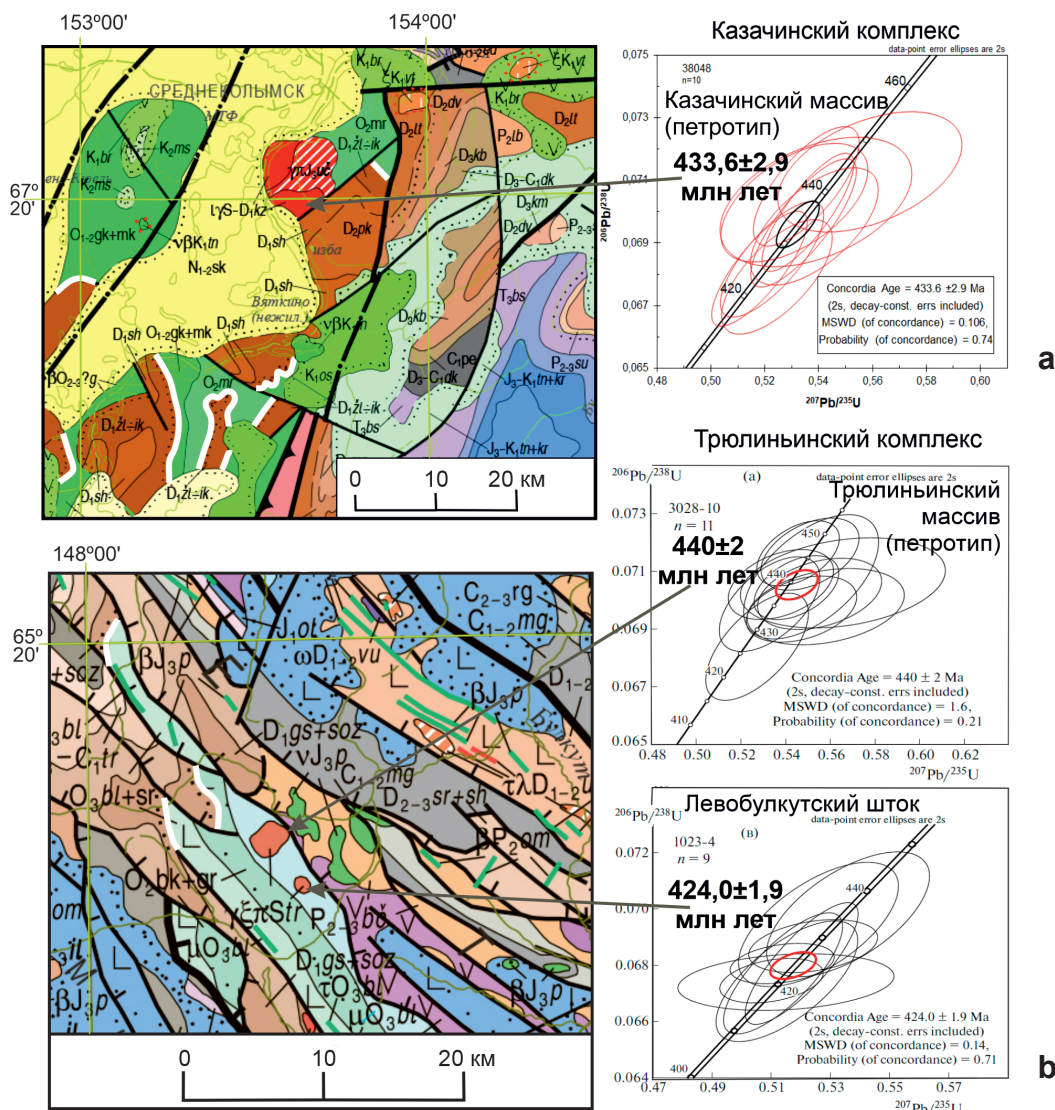


Рис. 17. Районы распространения вновь выявленных силурийских магматических комплексов на территории Верхояно-Колымской серии листов Госгеолкарты-1000/3 (белые линии — границы преддевонских структурных несогласий)

a — фрагмент Геологической карты дочетвертичных образований листа Q-56 Госгеолкарты-1000/3 с данными U-Pb датирования методом SIMS пород казачинского комплекса [4]; *b* — фрагмент геологической карты дочетвертичных образований листа Q-55 Госгеолкарты-1000/3 [18] с данными U-Pb датирования методом SIMS пород трюлиньинского комплекса [40]

Источник: *a* — составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [4]; *b* — составлено автором В. И. Шпикерманом на основе [18; 40]

Fig. 17. Distribution areas of newly identified Silurian igneous complexes on the territory of the Verkhoyansk-Kolyma sheet series (State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation); white lines display Pre-Devonian structural unconformity boundaries)

a — fragment of the Pre-Quaternary Formations geological map (sheet Q-56, the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation)), with the U-Pb SIMS data of the Kazachinskoye complex rocks included [4]; *b* — fragment of the Pre-Quaternary Formations geological map (sheet Q-55, the State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1 : 1,000,000 (third generation)), with the U-Pb SIMS data of the Tryulinya complex rocks included [40]

Source: *a* — adapted by the author V. I. Shpikerman from [4]; *b* — adapted by the author V. I. Shpikerman from [18; 40]

Содержания породообразующих окислов (масс. %) и микроэлементов (г/т) в гранитоидах силурийских комплексов: казахинского (№ 1–2) и трюлиньинского (№ 6–8)

Table 4. Contents of rock-forming oxides (wt. %) and microelements (g/t) in granitoids of the Silurian complexes: Kazachinskoye (nos. 1–2) and Tryulinya (nos. 6–8)

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ пр.	38050/1	38048/0	3028/2	3028/1	3028/7	3028/10	3028/11	3028/9	1023/4
Порода	εγ	εγ	δ	γδ	υπ	γδ	γδ	γδ	γ
SiO ₂	69,80	72,20	52,50	62,20	67,50	67,80	68,3	68,50	69,80
TiO ₂	0,05	0,06	0,64	0,30	0,25	0,26	0,28	0,28	0,25
Al ₂ O ₃	15,70	14,90	18,20	16,80	15,60	16,00	16,10	15,90	15,5
Fe ₂ O ₃	0,44	0,61*	3,01	2,00	0,46	0,95	0,50	0,85	0,79
FeO	0,54		6,18	3,51	1,68	1,61	1,83	1,97	1,47
MnO	0,01	0,01	0,19	0,22	0,051	0,066	0,056	0,064	0,023
MgO	0,81	0,56	5,80	3,71	3,68	1,05	1,32	1,21	1,21
CaO	1,39	1,08	1,42	0,86	0,77	1,42	0,58	0,84	0,60
Na ₂ O	5,18	5,32	5,02	6,23	5,42	4,54	5,30	5,28	5,93
K ₂ O	3,69	3,97	2,68	1,98	2,84	4,07	4,74	3,60	3,45
P ₂ O ₅	0,03	0,03	0,37	0,13	0,12	0,12	0,14	0,12	0,13
ппп	2,00	1,55	3,72	2,02	1,54	2,20	1,01	1,38	0,96
Сумма	99,66	100,24	99,73	99,96	99,91	100,09	100,15	99,99	100,11
Микроэлементы									
La	2,34	3,33	23,4	25,20	13,30	17,00	18,20	17,60	15,50
Ce	4,48	6,89	49,8	45,20	27,20	31,60	33,50	32,70	28,70
Pr	0,65	0,83	6,46	4,930	3,39	3,49	3,86	3,71	2,92
Nd	2,32	3,55	28,3	19,20	13,30	14,40	14,70	14,80	10,80
Sm	0,83	0,87	6,61	3,72	2,47	2,80	2,82	2,91	1,91
Eu	0,39	0,28	2,47	1,35	0,80	0,92	0,82	0,86	0,53
Gd	1,24	0,90	6,59	3,56	2,30	2,33	2,37	2,27	1,30
Tb	0,20	0,14	0,83	0,45	0,32	0,28	0,29	0,29	0,16
Dy	1,18	0,71	4,62	2,38	1,71	1,70	1,53	1,54	0,80
Ho	0,19	0,12	0,95	0,45	0,31	0,31	0,28	0,30	0,14
Er	0,42	0,27	2,33	1,19	0,88	0,89	0,67	0,71	0,39
Tm	0,07	0,04	0,33	0,18	0,14	0,13	0,12	0,11	0,072
Yb	0,37	0,27	2,36	1,24	0,90	0,98	0,98	1,03	0,50
Lu	0,04	0,03	0,36	0,19	0,16	0,15	0,17	0,16	0,11
V	8,05	4,80	139,00	66,8	40,60	37,80	36,00	41,00	35,60
Cr	41,70	15,30	10,40	14,9	12,70	11,20	12,20	10,80	37,70
Ni	3,33	3,60	8,72	7,63	2,94	3,24	1,500	4,31	14,30
Rb	н/д	66,70	66,50	65,8	63,90	94,50	77,20	70,30	52,40
Sr	372,00	366,00	199,00	173,00	132,00	142,00	63,80	200,00	36,10
Y	6,42	4,09	27,20	13,00	9,78	9,25	8,51	9,00	4,39
Zr	79,90	68,70	95,10	133,00	94,90	108,00	110,00	111,00	104,00
Nb	11,90	10,90	6,74	7,46	5,88	5,93	5,91	6,56	6,08
Ba	328,00	900,00	702,00	462,00	639,00	759,00	712,00	1060,00	812,00
Hf	3,05	2,56	2,70	3,63	2,55	2,93	3,21	3,01	3,04
Ta	0,81	0,55	0,39	0,61	0,41	0,53	0,51	0,54	0,51
Pb	5,29	6,32	4,27	14,70	9,99	6,75	5,16	6,12	3,29
Th	1,23	1,02	4,22	6,07	5,01	5,08	5	5,18	4,85
U	1,03	0,62	5,26	3,27	2,21	2,46	2,4	2,72	3,20

*Объединенные ячейки окислов трех- и двухвалентного железа соответствуют Fe₂O_{3общ.}

*The combined cells of three- and divalent iron oxides correspond to Fe₂O_{3tot.}

Источник: пробы 1, 2 — [4]; пробы 3–9 — [18]

Source: samples 1, 2 — [4]; samples 3–9 — [18]

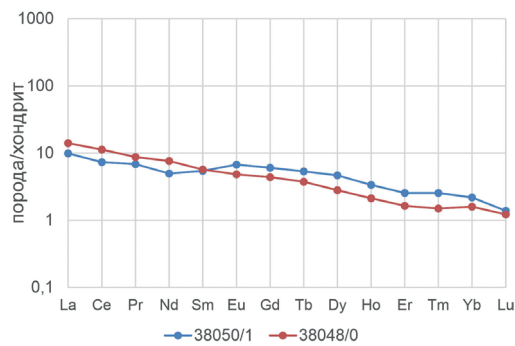


Рис. 18. Спектры редкоземельных элементов пород казачинского лейкогранитового plutонического комплекса

Источник: [4]

Fig. 18. Rare earth element spectra of the Kazachinskoye leucogranite plutonic complex rocks

Source: [4]

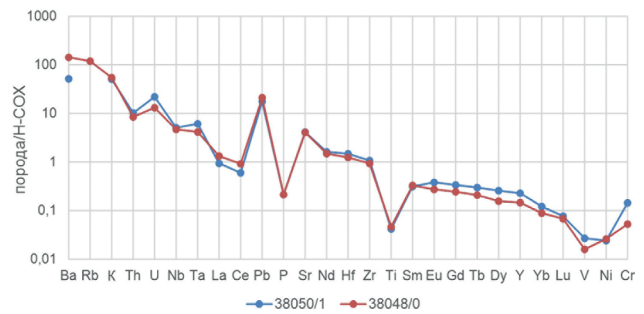


Рис. 19. Спайдер-диаграмма для пород казачинского лейкогранитового комплекса

Источник: [4]

Fig. 19. Spider diagram for rocks of the Kazachinskoye leucogranite complex

Source: [4]

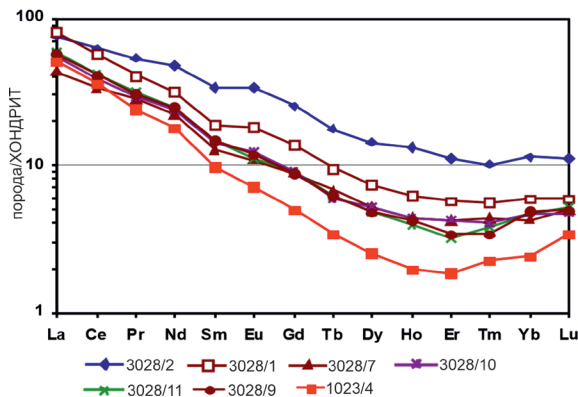


Рис. 20. Спектры редкоземельных элементов пород трюлиньинского граносиенит-порфирового комплекса

Источник: [18]

Fig. 20. Rare earth element spectra of the Tryulinye granosyenite-porphyrus complex rocks

Source: [18]

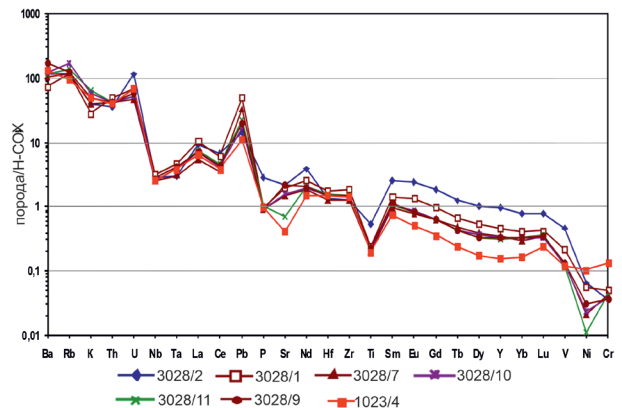


Рис. 21. Спайдер-диаграмма для пород трюлиньинского граносиенит-порфирового комплекса

Источник: [18]

Fig. 21. Spider diagram for the Tryulinye granosyenite-porphyrus complex rocks

Source: [18]

преддевонское структурное несогласие, из разреза почти полностью выпадает силура.

Тектогенез силура — начала девона сопровождается гранитоидным магматизмом, о котором до последнего времени мало что было известно. Лишь для Омолонского кратонного террейна имелись не очень достоверные сведения о силурийском возрасте некоторых массивов. В 2001 г. сотрудниками СВКНИИ ДВО РАН и ГП «Магадангеология» была опубликована статья «О силурийском магматизме и тектогенезе на Северо-Востоке Азии» [42]. Тогда, более 20 лет назад, широкое развитие силурийских гранитоидов лишь предполагалось по косвенным геологическим признакам. Сейчас, после выполнения программы Госгеолкарта-1000/3 и последующих работ по геологическому доизучению территории масштаба 1 : 200 000, это предположение стало фактом.

Силурийские гранитоиды благодаря U-Pb датированию установлены в различных частях рассматриваемой территории. Во-первых, подтвержден силурий-

ский возраст гранитоидов Коаргычанского ($433,4 \pm 1,4$ млн лет) и сиенитов Анмандыканского ($425,5 \pm 4,6$ и $424,6 \pm 1,9$ млн лет) плутонов Омолонского кратонного террейна на листе P-57 [43]. Новыми открытиями на рассматриваемой территории стали казачинский комплекс в Приколывье на листе Q-56 [4], трюлиньинский комплекс в Рассошинском террейне на листе Q-55 [18; 40] (рис. 17).

U-Pb изотопный возраст силурийских гранитоидов, установленный методом SIMS, варьирует от 440 ± 2 (Трюлиньинский массив) до $424,6 \pm 1,9$ млн лет (Анмандыканский массив). В Казачинском массиве Приколывья, наряду с силурийской ($433,6 \pm 2,9$ млн лет), получена раннедевонская (лоховская) U-Pb датировка (412 ± 4 млн лет). Отметим, что силурийские гранитоиды выявлены практически всюду, где установлено преддевонское структурное несогласие.

Химический и микроэлементный составы вновь выявленных силурийских магматических комплексов приведены в табл. 4. Гранитоиды обоих комплексов

относятся к семейству умереннощелочных. Среди пород казачинского комплекса существенную роль играют лейкократовые граниты. Породы трюлиньинского комплекса по составу в основном отвечают граносиенитам.

Геохимический спектр РЗЭ и редких элементов казачинского комплекса (рис. 18, 19) отражает анатектическую природу гранитоидов: высокие концентрации Ba, низкий уровень РЗЭ, минимумы для V, Ni, Cr, отсутствие отрицательных аномалий Eu и Ta-Nb. Наиболее вероятный геодинамический режим формирования гранитов комплекса — коллизия [4].

По своим основным петрохимическим и геохимическим характеристикам гранитоиды трюлиньинского комплекса более всего отвечают гранитам S-типа. Однако некоторые показатели (высокая магнезиальность, низкое калиево-натриевое отношение, отсутствие европиевого минимума и др.) близки к показателям гранитов толеитового ряда. Выполненный Д. Н. Ремизовым (письменное сообщение, 2021 г.) анализ распределения РЗЭ и редких элементов в породах трюлиньинского комплекса (рис. 20, 21) указывает на то, что рассматриваемые гранитоиды, вероятнее всего, имеют коллизионную природу и формировались при практически полном переплавлении исходного субстрата из магматических пород средне-основного состава (граувакк вмещающей иченской толщи).

Таким образом, оба вновь выявленных гранитоидных комплекса имеют отчетливые петрогеохимические признаки коллизионного происхождения. Наиболее вероятным тектоническим событием, приведшим к формированию этих комплексов, была аккреция ордовикской островной дуги к краю Сибири.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геологическое картографирование в рамках программы Госгеолкарта-1000/3 выявило ряд новых важных особенностей геологического строения Верхояно-Колымской складчато-надвиговой области и истории ее геологического и геодинамического развития в протерозое и первой половине палеозоя.

1. В пределах Приколымского террейна установлен аналог нижнепротерозойской (верхнекарельской) улканской серии юго-восточной части Сибирской платформы. Хакдонская серия Приколымья сопоставляется с эльгэтэйской свитой улканской серии. Петрогеохимические особенности бимодальной вулканической ассоциации хакдонской серии указывают на рифтогенную природу этих образований. Обнаружение аналога улканской серии во внутренних частях Верхояно-Колымской складчато-надвиговой области является еще одним подтверждением того, что Приколымский террейн и примыкающий к нему Омүлүвский террейн являются «отторженцами» Сибирского палеоконтинента [3].

2. Новые данные, полученные в террейнах-отторженцах Сибири в центральных частях Верхояно-Колымской области, свидетельствуют о том, что, начиная по крайней мере с конца среднего рифея

и до начала девона, существовала зона перехода континент (Сибирь) — океан (Палеоокеан?). Восточная (в современных координатах) окраина Сибири развивалась в основном в активном, скорее всего островодужном режиме. Тектонические движения среднего-позднего рифея, ордовика и силура сопровождались надсубдукционным (уочатский комплекс, хобойская толща) и коллизионным (каменский, казачинский, трюлиньинский комплексы) магматизмом. Элементами примыкавшей к Сибири активной окраины палеоокеана являются позднерифейские калгынские офиолиты, кембрийские офиолитокластиты Рассошинского террейна, ордовикская Рассошинская островная дуга. Коллизионный магматизм связан с аккрецией островных дуг к Сибири.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Версия 1.4. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. 169 с.
2. Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии / Л. М. Парфенов [и др.] // Геотектоника. 1993. № 1. С. 68–78.
3. Шпикерман В. И. Домеловая минералогия Северо-Востока Азии. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 333 с.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Q-56 — Среднеколымск. Объяснительная записка / В. И. Шпикерман [и др.]; ред. В. Ф. Проскурнин. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2023. 556 с.
5. Circum-North Pacific tectonostratigraphic terrane map / W. J. Nokleberg [et al.] // U.S. Geol. Survey Open-File Report 94-714. 1994. 222 p. <https://doi.org/10.3133/ofr94714>.
6. Parfenov L. M. Accretionary history of Northeast Asia // Proceedings International Conference on Arctic Margins. Anchorage, Alaska, September 1992. Anchorage, Alaska : U.S. Department of the Interior, 1994. P. 183–188.
7. McDonough W. F., Sun S.-S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. No. 120. P. 223–253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4).
8. Sun S.-S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / [Eds.] A. D. Saunders, M. J. Norry // Magmatism in the oceanic basins. Geological Society London Special Publications. 1989. No. 2. P. 313–345. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1989.042.01.19>.
9. Ткаченко В. И. Докембрийские отложения в структуре Приколымского и Омүлүвского поднятия // Региональная геодинамика и стратиграфия Азиатской части СССР. Л., 1992. С. 49–64.
10. Решения Третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (Санкт-Петербург, 2002) / Ред. Т. Н. Корень, Г. В. Котляр. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 267 с.
11. Новые данные о возрасте докембрийских вулканитов хакдонской серии (Восточное Приколымье) / А. К. Худoley [и др.] // Докл. РАН. 2006. Т. 411(4). С. 505–509.
12. Возраст и тектоническое положение улканской серии — стратотипа верхнего карелия Восточной Сибири и Дальнего Востока / А. М. Ларин [и др.] // Докл. РАН. 2013. Т. 449, № 4. С. 447–451. <https://doi.org/10.7868/s0869565213100198>.
13. Гурьянов В. А., Песков А. Ю. Улканская палеорифтовая структура: особенности развития, геодинамическая обстановка (юго-восточное обрамление Сибирской

платформы) // Региональная геология и металлогения. 2015. № 62. С. 57–63.

14. Решение четвертого межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья. Хабаровск : ХГГП, 1994. 123 с.

15. Шпикерман В. И., Брусницына Е. А. Новая схема расчленения протерозойских образований Восточного Приколымья / Отв. ред. В. Ю. Фридовский // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 8–10 апреля 2020 г. Якутск : Издательский дом СВФУ, 2020. С. 159–163.

16. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-53 — Хандыга. Объяснительная записка / Г. Г. Казакова [и др.]; ред. Н. Ковалев. СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2017. 431 с.

17. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Q-57 — Омолон. Объяснительная записка / В. М. Кузнецов [и др.]; ред. В. Ф. Проскурнин. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2024. 268 с.

18. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Q-55 — р. Мома. Объяснительная записка / Ю. А. Маланин [и др.]; ред. В. И. Шпикерман. СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2021. 615 с.

19. Ткаченко В. И., Щербакова И. П. О строении и метаморфизме докембрия Приколымья // Метаморфические комплексы Северо-Востока СССР, их рудоносность и геологическое картирование. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1991. С. 74–87.

20. Мерзляков В. М., Лычагин П. П. Уочатский метаморфический комплекс // Вопросы геологии срединных массивов Северо-Востока СССР. Магадан : СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 56–63.

21. Государственная геологическая карта СССР (новая серия). Масштаб 1 : 1 000 000. Q-54, 55 (Хонуу). Карта дочетвертичных образований / Е. П. Сурмилова [и др.]; отв. ред.: Л. М. Натапов, Е. П. Сурмилова, гл. ред. Л. М. Натапов. Л. : Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 1986.

22. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-55 — Сусуман. Объяснительная записка / В. И. Шпикерман [и др.]; ред. В. И. Шпикерман, В. В. Петухов, Л. Р. Семенова. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. 520 с.

23. Хандожко Н. В., Кравченко Л. В. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 200 000. Серия Среднеколымская. Лист Q-55-XXXV, XXXVI (истоки р. Омчикчан). Объяснительная записка / Ред. В. М. Мерзляков. М. : Союзгосгеолфонд, 1990. 118 с.

24. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Колымская. Листы Q-56-XV, XVI (устье р. Лев. Каменки). Объяснительная записка / В. С. Шульгина [и др.]; ред. А. П. Кропачев. М. : МФ ВСЕГЕИ, 2015. URL: <http://geo.mfvsegei.ru/200k/q-56/q-56-15,16/index.html> (дата обращения: 25.11.2024).

25. Протопопов Р. И. Девонские и меловые гранитоиды Приколымского поднятия. Якутск : Изд-во Академии наук Республики Саха (Якутия), 2010. 147 с.

26. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист R-54 — Депутатский. Объяснительная записка / М. В. Герцева [и др.]; ред. А. Ю. Егоров, Г. В. Шнейдер. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2022. 690 с.

27. Оксман В. С. Тектоника коллизионного пояса Черского (Северо-Восток Азии). ГЕОС, 2000. 269 с.

28. Горбов В. В., Загружина И. А. Первые определения абсолютного возраста метаморфических пород Колым-

ского срединного массива // ДАН СССР. 1971. Т. 197, № 5. С. 1131–1132.

29. Тектоника, магматические и метаморфические комплексы Колымо-Омолонского массива / Г. А. Гринберг [и др.]. М. : Наука, 1981. 359 с.

30. Первые $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ определения возраста магматических и метаморфических пород Верхояно-Колымских мезозойид / П. Лейер [и др.] // ДАН СССР. 1993. Т. 329, № 5. С. 621–624.

31. Доордовикские офиолитокластиты Омuleвского поднятия (Северо-Восток СССР) / А. П. Кропачев [и др.] // ДАН СССР. 1987. Т. 292, № 4. С. 941–944.

32. Шпикерман В. И., Мерзляков В. М. О базальных слоях палеозойского разреза Омuleвского поднятия // Стратиграфия и палеонтология фанерозоя Северо-Востока СССР. Магадан : СВКНИИ ДВО АН СССР, 1988. С. 5–27.

33. Новые данные о возрасте Калгынского офиолитового массива коллизионного пояса Черского (Северо-Восток Азии): результаты U-Th-Pb (SIMS) геохронологических исследований / А. В. Ганелин [и др.] // Докл. РАН. 2022. Т. 506, № 2. С. 142–147. <https://doi.org/10.31857/S2686739722600631>.

34. Офиолитовые пояса арктических регионов Верхояно-Чукотской орогенной области: геодинамическая модель формирования / В. С. Оксман [и др.] // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 62–75. <https://doi.org/10.31857/S0016853X21050088>

35. Мерзляков В. М. Новый тип разреза ордовика на Колымском массиве // Колыма. 1967. № 7. С. 44–46.

36. Мерзляков В. М. Стратиграфия и тектоника Омuleвского поднятия. М. : Наука, 1971.

37. Мерзляков В. М., Лычагин П. П. Об ордовикском вулканизме Северо-Востока СССР // Магматизм Северо-Востока СССР. М. : Наука, 1973. С. 207–212.

38. Мерзляков В. М., Лычагин П. П., Терехов М. И. Еще раз о проблеме Колымского массива // Геотектоника. 1980. № 1. С. 43–55.

39. Магматизм центральных районов Северо-Востока СССР / П. П. Лычагин [и др.]. Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. 120 с.

40. Силурийский гранитоидный магматизм Рассохинского террейна (Северо-Восток России) / С. Н. Сычев [и др.] // Докл. РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 49, № 2. С. 7–12. <https://doi.org/10.31857/S2686739720100102>.

41. Гагиев М. Х. Стратиграфия девона и нижнего карбона Омuleвского поднятия (Северо-Восток Азии). Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1995. 196 с.

42. Шпикерман В. И., Горячев Н. А., Егоров В. Н. О силурийском тектогенезе, магматизме и метаморфизме на Северо-Востоке Азии // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий. Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2001. Т. 1. С. 102–103.

43. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхояно-Колымская. Лист Р-57 — Эвенск. Объяснительная записка / В. М. Кузнецов [и др.]; ред. Т. Б. Русакова. СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2022. 519 с.

REFERENCES

1. Methodological guidelines for compiling and preparing for publication sheets of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1 : 1,000,000 (third generation). Version 1.4. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory; 2019. 169 p. (In Russ.).
2. Terranes and accretionary tectonics of Northeast Asia / L. M. Parfenov [et al.]. *Geotectonics*. 1993; (1): 68–78. (In Russ.).
3. Shpikerman V. I. Pre-Cretaceous minerageny of North-East Asia. Magadan: SVKNII FEB RAS; 1998. 333 p. (In Russ.).
4. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyansk-Kolyma series. Sheet Q-56 — Srednekolymsk. Explanatory note / V. I. Shpi-

- kerman [et al.]; Ed. V. F. Proskurnin. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory, 2023. 556 p. (In Russ.).
5. Circum-North Pacific tectonostratigraphic terrane map / W. J. Nokleberg [et al.]. *U. S. Geol. Survey Open-File Report 94-714*. 1994. 222 p. <https://doi.org/10.3133/ofr94714>.
 6. Parfenov L. M. Accretionary history of Northeast Asia. *Proceedings International Conference on Arctic Margins. Anchorage, Alaska, September 1992. Anchorage, Alaska: U.S. Department of the Interior*; 1994. P. 183–188.
 7. McDonough W. F., Sun S.-S. The composition of the Earth. *Chemical Geology*. 1995; (120): 223–253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4).
 8. Sun S.-S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / [Eds.] A. D. Saunders, M. J. Norry. *Magma-tism in the oceanic basins. Geological Society London Special Publications*. 1989; (2): 313–345. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1989.042.01.19>.
 9. Tkachenko V. I. Precambrian deposits in the structure of the Prikolymsky and Omulevsky uplifts. *Regional geodynamics and stratigraphy of the Asian part of the USSR*. Leningrad; 1992. P. 49–64. (In Russ.).
 10. Decisions of the Third Interdepartmental Regional Stratigraphic Conference on the Precambrian, Paleozoic and Mesozoic of the North-East of Russia (St. Petersburg, 2002) / [Eds.] T. N. Koren, G. V. Kotlyar. St. Petersburg: VSEGEI Publishing House; 2009. 267 p. (In Russ.).
 11. New data on the age of Precambrian volcanics of the Khakdon series (Eastern Kolyma region) / A. K. Khudoley [et al.]. *Reports of the Russian Academy of Sciences*. 2006; 411 (4): 505–509. (In Russ.).
 12. Age and tectonic position of the Ulkan series — the Upper Karelian stratotype of Eastern Siberia and the Far East / A. M. Larin [et al.]. *Reports of the Academy of Sciences*. 2013; 449 (4): 447–451. <https://doi.org/10.7868/s0869565213100198>. (In Russ.).
 13. Guryanov V. A., Peskov A. Yu. Ulkan paleorift structure: development features, geodynamic setting (southeastern framing of the Siberian platform). *Regional Geology and Metallogeny*. 2015; (62): 57–63. (In Russ.).
 14. Decisions of the fourth interdepartmental regional stratigraphic meeting on the Precambrian and Phanerozoic of the southern Far East and Eastern Transbaikalia. Khabarovsk: Khabarovsk State Geographical Institute; 1994. 123 p. (In Russ.).
 15. Shpikerman V. I., Brusnitsyna E. A. New scheme of dissection of Proterozoic formations of the Eastern Kolyma / [Ed.] V. Yu. Fridovsky. *Geology and mineral resources of the North-East of Russia: materials of the X All-Russian scientific and practical conference with international participation, April 08–10, 2020*. Yakutsk: Publishing house of NEFU; 2020. P. 159–163. (In Russ.).
 16. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyansk-Kolyma series. Sheet R-53 — Khandyga. Explanatory note / G. G. Kazakova [et al.]; [Ed.] L. N. Kovalev. St. Petersburg: VSEGEI Cartography Factory; 2017. 431 p. (In Russ.).
 17. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyansk-Kolyma series. Sheet Q-57 — Omolon. Explanatory Note / V. M. Kuznetsov [et al.]; [Ed.] V. F. Proskurnin St. Petersburg: VSEGEI Publishing House; 2024. 268 p. (In Russ.).
 18. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyansk-Kolyma series. Sheet Q-55 — Moma River. Explanatory Note / Yu. A. Malanin [et al.]; [Ed.] V. I. Shpikerman. St. Petersburg: VSEGEI Cartography Factory; 2021. 615 p. (In Russ.).
 19. Tkachenko V. I., Shcherbakova I. P. On the structure and metamorphism of the Precambrian of the Kolyma region. *Metamorphic complexes of the North-East of the USSR, their ore content and geological mapping*. Magadan: SVKNII FEB RAS; 1991. P. 74–87. (In Russ.).
 20. Merzlyakov V. M., Lychagin P. P. Uochatsky metamorphic complex. *Questions of geology of the middle massifs of the North-East of the USSR*. Magadan: SVKNII FESC AN USSR; 1977. P. 56–63. (In Russ.).
 21. State geological map of the USSR (new series). Scale 1 : 1,000,000 [Maps]. Q-54, 55 (Khonuu). Map of pre-Quaternary formations / E. P. Surmilova [et al.]; [Rep. ed.] L. M. Natapov, E. P. Surmilova; [Ch. ed.] L. M. Natapov. Leningrad: Leningrad cartographic factory VSEGEI; 1986. (In Russ.).
 22. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyansk-Kolyma series. Sheet R-55 — Susuman. Explanatory note / V. I. Shpikerman [et al.]; [Eds.] V. I. Shpikerman, V. V. Petukhov, L. R. Semenova. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory; 2016. 520 p. (In Russ.).
 23. Khandozhko N. V., Kravchenko L. V. State Geological Map of the USSR. Scale 1 : 200 000. Srednekolymskaya Series. Sheet Q-55-XXXV, XXXVI (sources of the Omchikchan River). Explanatory note / [Ed.] V. M. Merzlyakov. Moscow: Soyuzsorgeolfond; 1990. 118 p. (In Russ.).
 24. State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000. Second edition. Kolyma series. Sheets Q-56-XV, XVI (mouth of the Lev. Kamenka River). Explanatory note / V. S. Shulgina [et al.]; [Ed.] A. P. Kropachev. Moscow: MF VSEGEI; 2015. URL: <http://geo.mfvsegei.ru/200k/q-56/q-56-15,16/index.html> (accessed: 25.11.2024). (In Russ.).
 25. Protopopov R. I. Devonian and Cretaceous granitoids of the Kolyma uplift. Yakutsk: Publishing House of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia); 2010. 147 p. (In Russ.).
 26. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyansk-Kolyma series. Sheet R-54 — Deputy. Explanatory note / M. V. Gertseva [et al.]; [Eds.] A. Yu. Egorov, G. V. Shneyder. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory; 2022. 690 p. (In Russ.).
 27. Oksman V. S. Tectonics of the Chersky collision belt (North-East Asia). GEOS; 2000. 269 p. (In Russ.).
 28. Gorbov V. V., Zagruzina I. A. First determinations of the absolute age of metamorphic rocks of the Kolyma median massif. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1971; 197 (5): 1131–1132. (In Russ.).
 29. Tectonics, igneous and metamorphic complexes of the Kolyma-Omolon massif / G. A. Grinberg [et al.]. Moscow: Nauka; 1981. 359 p. (In Russ.).
 30. First $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ age determinations of igneous and metamorphic rocks of the Verkhoyansk-Kolyma mesozoids / P. Leier [et al.]. *Dokl. Academy of Sciences of the USSR*. 1993; 329 (5): 621–624. (In Russ.).
 31. Pre-Ordovician ophiolite clastites of the Omulevka uplift (North-East USSR) / A. P. Kropachev [et al.]. *Dokl. Academy of Sciences of the USSR*. 1987; 292 (4): 941–944. (In Russ.).
 32. Shpikerman V. I., Merzlyakov V. M. On the basal layers of the Paleozoic section of the Omulevsky uplift. *Stratigraphy and paleontology of the Phanerozoic of the North-East of the USSR*. Magadan: SVKNII DVO AN SSSR; 1988. P. 5–27. (In Russ.).
 33. New data on the age of the Kalgyn ophiolite massif of the Chersky collision belt (Northeast Asia): results of U-Th-Pb (SIMS) geochronological studies / A. V. Ganelin [et al.]. *Reports of the Russian Academy of Sciences*. 2022; 506 (2): 142–147. <https://doi.org/10.31857/S0016853X21050088>. (In Russ.).
 34. Ophiolite belts of the Arctic regions of the Verkhoyansk-Chukotka orogenic region: geodynamic model of formation / V. S. Oksman [et al.]. *Pacific Geology*. 2003; 22 (6): 62–75. <https://doi.org/10.31857/S0016853X21050088>. (In Russ.).
 35. Merzlyakov V. M. New type of Ordovician section in the Kolyma massif. *Kolyma*. 1967; (7): 44–46. (In Russ.).
 36. Merzlyakov V. M. Stratigraphy and tectonics of the Omulevsky uplift. Moscow: Nauka; 1971. (In Russ.).
 37. Merzlyakov V. M., Lychagin P. P. On the Ordovician volcanism of the North-East of the USSR. *Magmatism of the North-East of the USSR*. Moscow: Nauka; 1973. P. 207–212. (In Russ.).
 38. Merzlyakov V. M., Lychagin P. P., Terekhov M. I. Once again about the problem of the Kolyma massif. *Geotectonics*. 1980; (1): 43–55. (In Russ.).

39. Magmatism of the central regions of the North-East of the USSR / P. Lychagin [et al.]. Vladivostok: Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences; 1989. 120 p. (In Russ.).

40. Silurian granitoid magmatism of the Rassokhinsky terrane (North-East of Russia) / S. N. Sychev [et al.]. Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences. 2020; 49 (2): 7–12. <https://doi.org/10.31857/S2686739720100102>. (In Russ.).

41. Gagiev M. Kh. Devonian and Lower Carboniferous stratigraphy of the Omulevsky uplift (North-East Asia). Magadan: SVKNII FEB RAS; 1995. 196 p. (In Russ.).

42. Shpikerman V. I., Goryachev N. A., Egorov V. N. On the Silurian tectogenesis, magmatism and metamorphism in North-East Asia. *Problems of Geology and Metallogeny of North-East Asia at the Turn of the Millennium*. Magadan: SVKNII FEB RAS; 2001. Vol. 1. P. 102–103. (In Russ.).

43. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Verkhoyansk-Kolyma series. Sheet P-57 — Evensk. Explanatory note / V. M. Kuznetsov [et al.]; [Ed.] T. B. Rusakov. St. Petersburg: VSEGEI Cartography Factory; 2022. 519 p. (In Russ.).

Владимир Иосифович Шпикерман

Доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник отдела региональной геологии и полезных ископаемых Северо-Востока

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

Scopus Author ID 6507051394

ResearcherID LMP-8133-2024

SPIN-код РИНЦ 2150-8249

vladimir_shpikerman@karpinskyinstitute.ru

Vladimir I. Shpikerman

DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Chief Researcher, Department of Regional Geology and Mineral Resources of the Northeast

All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky, Saint Petersburg, Russia

Scopus Author ID 6507051394

ResearcherID LMP-8133-2024

RSCI SPIN-code 2150-8249

vladimir_shpikerman@karpinskyinstitute.ru

Авторское выражение благодарности. Прежде всего необходимо отметить выдающуюся роль геологов-съемщиков Северо-Востока России — авторов Государственных геологических карт предшествующих поколений. Ими создана основа, на которую опирались мы, составители геологических карт нового поколения. В части тематики настоящей статьи наиболее важное значение имели работы П. П. Лычагина, В. М. Мерзлякова, Л. М. Натапова, Б. В. Пепеляева, Е. П. Сурмиловой, М. И. Терехова, В. И. Ткаченко, В. А. Шишкина, В. С. Шульгиной, В. А. Ян-жин-шина. За высокий уровень организации проведения нового этапа работ по геологическому картографированию на Северо-Востоке России автор благодарит И. В. Вербицкого, Т. Н. Зубову, К. Н. Мазуркевича, О. В. Петрова, В. Ф. Проскурнина, М. Н. Свириденко. За многолетнее плодотворное сотрудничество при решении сложных геологических проблем региона автор благодарит коллег из ФГБУ «Институт Карпинского», а также других научных и производственных геологических организаций: В. В. Акинина, А. А. Аленичеву, А. В. Гавриша, М. В. Герасимову, Н. А. Горячева, М. В. Герцеву, В. Г. Данилова, А. Ю. Егорова, В. Г. Ермоленко, И. Л. Жуланову, Е. П. Исаеву, А. В. Коновалова, И. В. Котельникову, В. М. Кузнецова, Р. И. Кутыгина, О. Ю. Лебедеву, Ю. А. Маланина, Б. А. Марковского, В. В. Петухова, И. В. Полуботко, А. В. Прокопьева, В. Ф. Проскурнина, Р. И. Протопопова, Д. Н. Ремизова, Т. Б. Русакову, А. И. Ханчука, А. К. Худолея, М. А. Шишкина. С благодарностью вспоминаю о сотрудничестве с безвременно ушедшими прекрасными геологами В. Г. Ганелиным, М. Л. Гельманом, В. П. Карчавцем, И. Н. Котляром, А. П. Кропачевым, И. М. Миговичем, А. В. Радковым, В. И. Ткаченко, Л. Л. Фельдманом, В. С. Шульгиной, В. А. Ян-жин-шином.

Acknowledgments. Primarily, the role of mapping geologists of North-East Russia, the authors of state geological maps of previous generations, is outstanding. The new-generation geological map cartographers relied upon their fundamental pillars. The most important relevant works were by P. P. Lychagin, V. M. Merzlyakov, L. M. Natapov, B. V. Pepelyaev, E. P. Surmilova, M. I. Terekhov, V. I. Tkachenko, V. A. Shishkin, V. S. Shulgina, V. A. Yan-zhin-shin. The author thanks I. V. Verbitskiy, T. N. Zubova, K. N. Mazurkevich, O. V. Petrov, V. F. Proskurnin, M. N. Sviridenko for organizing highly a new stage of North-East Russia geological mapping. For long-term fruitful cooperation in solving complex geological problems of the region, the author thanks his colleagues from Karpinsky Institute, as well as other scientific and industrial geological organizations: V. V. Akinin, A. A. Alenicheva, A. V. Gavrish, M. V. Gerasimova, N. A. Goryachev, M. V. Gertseva, V. G. Danilov, A. Yu. Egorov, V. G. Ermolenko, I. L. Zhulanova, E. P. Isaeva, A. V. Konovalov, I. V. Kotelnikova, V. M. Kuznetsov, R. I. Kutygin, O. Yu. Lebedeva, Yu. A. Malanin, B. A. Markovskiy, V. V. Petukhov, I. V. Polubotko, A. V. Prokopyev, V. F. Proskurnin, R. I. Protopopov, D. N. Remizov, T. B. Rusakova, A. I. Khanchuk, A. K. Khudoley, M. A. Shishkin. I remember gratefully collaboration with the dearly departed wonderful geologists: V. G. Ganelin, M. L. Gelman, V. P. Karchavets, I. N. Kotlyar, A. P. Kropachev, I. M. Migovich, A. V. Radkov, V. I. Tkachenko, L. L. Feldman, V. S. Shulgina, V. A. Yan-zhin-shin.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 13.11.2024
Одобрена после рецензирования 11.12.2024
Принята к публикации 28.12.2024

Submitted 13.11.2024
Approved after reviewing 11.12.2024
Accepted for publication 28.12.2024