

УДК 550.93:551.72 (481-922.1)

НОВЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВЕНДСКИХ ВУЛКАНИТОВ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН: ГЕОХИМИЯ, ГЕОХРОНОЛОГИЯ И ГЕОДИНАМИКА

А. Н. Сироткин

Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И. С. Грамберга (наб. реки Мойки, 124, Санкт-Петербург, Россия, 190121)

Представленный материал впервые дает комплексную характеристику вулканогенной свиты Тролльхеймен, породы которой известны в пределах Земли Оскара II (остров Западный Шпицберген) и ранее относились большинством исследователей к средне- или позднерифейским образованиям. Только В. Б. Харланд высказал идею об их вендском возрасте и рифтогенной природе. Тем не менее в 2003 году норвежскими геологами при составлении геолкарты-100 этой площади вулканогенный комплекс свиты Тролльхеймен в составе группы Сент-Джонсфьорден был датирован как мезопротерозойский (с вопросом). В настоящей работе рассмотрены структурно-геологические особенности, вещественный состав, возраст и геодинамические интерпретации обстановок формирования свиты Тролльхеймен. В составе свиты описаны разнообразные метавулканиды с порфировой структурой (метабазалты, метаандезиты), а также метатифы и метатифобрекчии; изучены их петрохимические характеристики. Среди метавулканидов встречаются прослои метапесчаников и металевролитов. Мощность самой свиты более 1000 м. Установлено, что осадочно-вулканогенный комплекс, описанный в горно-ледниковой части Земли Оскара II, сформировался в вендское время (574–558 млн лет) как результат тектоно-магматической активизации эпигренвильской параплатформы. На основании петрографической и петрогеохимической характеристики выявленных метабазалтов, метаандезитов и метатифов установлена их рифтогенная природа. Проведена корреляция с выделенным ранее осадочно-вулканогенным комплексом серии Чемберлендален (северная часть Земли Веделя Ярлсберга). Представленные данные подтверждают высказанные ранее аргументы о вендской (байкальской, тиманской) внутриплитной активизации на архипелаге и широком развитии этих комплексов в составе чехла эпигренвильской параплатформы Шпицбергена.

Ключевые слова: Шпицберген; Земля Оскара II; осадочно-вулканогенный комплекс; основной вулканизм; метавулканиды; венд; циркон; абсолютный возраст; тектоно-магматическая активизация

Для цитирования: Сироткин А. Н. Новые проявления вендских вулканитов на архипелаге Шпицберген: геохимия, геохронология и геодинамика // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 2. С. 143–148. doi: 10.17076/geo2177

A. N. Sirotkin. NEW OCCURRENCES OF VENDIAN VOLCANICS IN THE SVALBARD ARCHIPELAGO: GEOCHEMISTRY, GEOCHRONOLOGY, AND GEODYNAMICS

Academician I. S. Gramberg All-Russia Scientific Research Institute for Geology and Mineral Resources of the Ocean (124 Moika Emb., 190121 St. Petersburg, Russia)

The paper provides a first comprehensive account of the Trollheimen volcanogenic formation, examines its structural and geological features, material composition, and age, and suggests geodynamic interpretations of its formation environments. This sedimentary-volcanic complex situated in the mountainous glacial part of Oscar II Land has been dated to the Vendian period (574–558 Ma), forming as a result of tectono-magmatic activation of the epi-Grenvillian paraplatform. The petrographic and petrogeochemical characteristics of the formation's metabasalts, meta-andesites and metatuffs suggest their genesis through rifting. A correlation was established with the previously identified sedimentary-volcanic complex of the Chamberlandalen series (the northern part of Wedel Jarlsberg Land). The presented data support the previous reasoning for the Vendian (Baikal, Timan) intraplate activation in the archipelago and the widespread development of these complexes as part of Svalbard's epi-Grenvillian paraplatform cover.

Keywords: Svalbard; Oscar II Land; sedimentary-volcanic complex; basic volcanism; metavolcanics; Vendian; zircon; absolute age; tectono-magmatic activation

For citation: Sirotkin A. N. New occurrences of Vendian volcanics in the Svalbard Archipelago: geochemistry, geochronology, and geodynamics. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 2. P. 143–148. doi: 10.17076/geo2177

В южной части Земли Оскара II (западное побережье Шпицбергена) изучены выходы вулканогенной толщи в районе ледового поля Тролляхеймен. Ранее толща, датированная RF_{2-3} [Красильщиков, Ковалева, 1976], была выделена как группа Сент-Джонсфьорден [Harland et al., 1979]. Позже В. Б. Харланд [Harland et al., 1993] высказал идею о вендском возрасте этих вулканитов. В 2003 году норвежскими геологами при составлении геологической карты масштаба 1:100 000 южной части Земли Оскара II (лист В8) вулканогенный комплекс был выделен как свита (unit) Тролляхеймен [Bergh et al., 2003] в составе группы Сент-Джонсфьорден, при этом авторы возраст этого комплекса определяют как мезопротерозойский с вопросом; задокументированные геологические контакты с подстилающими и перекрывающими породами отсутствуют, что приводит к неоднозначной оценке их структурной позиции.

Доминирующими породами свиты Тролляхеймен являются разнообразные метавулканиты с порфириковой структурой. Здесь выделены metabазальты, метаандезиты, метатUFFы и метатUFFобрекчи; мощности отдельных слоев меняются от одного-двух до десятков метров. Среди метавулканитов встречаются прослои метапесчаников и метаалевролитов: контакты с метавулканитами согласные, резкие;

мощности отдельных слоев не превышают 4–5 м. Мощность самой свиты более 1000 м.

Метавулканиты микроскопически представлены ассоциацией новообразованных метаморфогенных минералов. Из реликтовых минералов встречается калиевый полевой шпат, клинопироксен, представленный авгитом (Ti-авгит). Последний встречается как в виде порфириковых вкрапленников (реликты первично-магматической структуры), так и в основной массе. В целом метаморфогенный парагенезис представлен актинолит+хлорит+мусковит+эпидот+альбит+карбонат+рудный минерал, что отвечает метаморфизму в условиях фации зеленых сланцев. Наличие таких первично-магматических минералов, как Ti-авгит и калиевый полевой шпат, указывает на повышенную щелочность этих вулканических пород.

На диаграмме TAS (рис. 1) точки пород попадают в поля субщелочных и щелочных пород (трахибазальты, трахипикробазальты, щелочные базальты и пикриты); реже – пород нормальной щелочности (базальты, пикробазальты и пикриты); две пробы – в поля андезибазальтов и андезитов. На диаграмме Q-Hy-Di-Ol-Ne точки пород разбиты на три группы: а) щелочные с нормативным нефелином (и лейцитом); б) оливин-пироксеновые (нормальные базальты); в) с нормативным кварцем. На диаграмме $K_2O - Na_2O$ видна

дифференциация этих пород по типу щелочности: а) калиевые и б) калиево-натриевые и натриевые. Породы характеризуются как умеренно-высококалиевые, низкоглиноземистые, низко-среднемагнезиальные ($Mg\# - 0,29-0,53$), высокотитанистые.

Спектры распределения РЗЭ характеризуются небольшим плавным наклоном от легких РЗЭ к тяжелым и отсутствием выраженного Eu-минимума ($Eu/Eu^* - 0,856-1,131$). Отношения отдельных элементов находятся в пределах:

$La/Yb - 11,6-33,9$ и $Dy/Yb - 2,7-3,7$; это указывает на значительную степень фракционирования материала. В то же время отношение $Nb/La > 1$ указывает на минимальную контаминацию материнской магмы коровым материалом. Спайдер-диаграмма (рис. 1) демонстрирует неравномерное обогащение этих пород крупноионными литофильными и высокозарядными элементами, что указывает на эволюцию магматического расплава в условиях взаимодействия с материалом коры повышенной щелочности.

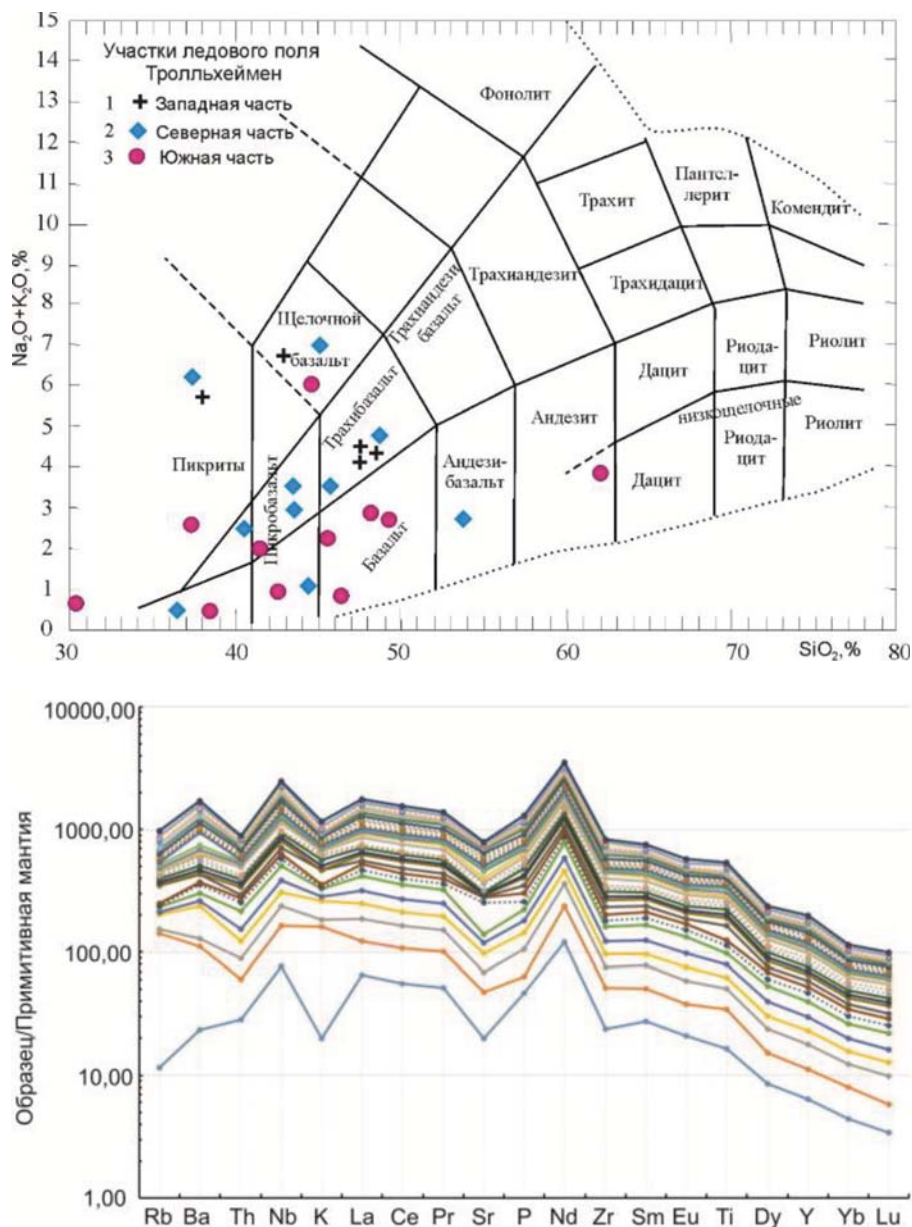


Рис. 1. Метавулканыты свиты Тролляхеймен: диаграмма TAS (вверху), значками показаны участки опробования ледового поля Тролляхеймен; мультиэлементная спайдер-диаграмма (внизу)

Fig. 1. Metavolcanics of the Trollheimen Suite: TAS diagram (top), the icons indicate sampling sites on the Trollheimen ice field; multi-element spider diagram (bottom)

Низкое содержание совместимых элементов (Cr, Ni, Co) может указывать на анатектический характер плавления мантии в магматическом источнике и на его относительную глубину.

На дискриминационных диаграммах точки этих базальтоидов попадают в поля либо внутриплитных базальтов, либо базальтов и андезитов океанических островов. На этом основании их можно характеризовать как внутриплитные магматиты и указать в целом на континентальный рифтогенез как на главную обстановку их формирования.

Для определения абсолютного возраста в ЦИИ ВСЕГЕИ выполнены анализы изотопного состава цирконов из метавулканитов. Возраст циркона определялся локальным U-Pb-методом на ионном микрозонде SHRIMP II по стандартной методике.

Изучены цирконы из трех проб (рис. 2). Проба 4969-4: по результатам U-Pb-датирования (13 зерен) для всех измеренных цирконов получен конкордантный возраст $563,2 \pm 3,6$ Ма. Проба 4969-6: U-Pb-датирование (10 зерен) для всех измеренных цирконов, кроме одного, дало конкордантный возраст $574,1 \pm 4,3$ Ма; для одного зерна циркона получен древний возраст 1647 ± 21 Ма. Проба 4973-1: U-Pb-датирование (10 зерен) для большинства измеренных цирконов, кроме трех, показало конкордантный возраст $558,3 \pm 4,3$ Ма; для трех цирконов получен древний возраст от $2721,7 \pm 6,0$ Ма до $2632,5 \pm 4,2$.

Материалы по изучению осадочно-вулканогенной толщи, описанной во внутренних районах южной части Земли Оскара II, позволяют уверенно выделить на этой площади факт вендской вулканической активизации – 574–558 млн лет.

Вендский комплекс на Шпицбергене рассматривался как «платформеноидный», карбонатно-терригенный, фаунистически охарактеризованный и дающий основание предполагать, что в вендское время на территории Шпицбергена существовала особая тектоническая и физико-географическая обстановка, обусловившая молассоподобный облик вендских формаций, связанная с общим подъемом территории архипелага и указывающая на крупную тектоническую активизацию [Бархатов, 1970; Красильщиков, 1973]. Харланд [Harland et al., 1993] предположил, что вендские толщи в районе Земли Оскара II формировались в рифтогенной структуре в условиях чередования эпох оледенения с эпохами вулканизма. В свою очередь, норвежские геологи [Bergh et al., 2003] эту вулканическую толщу выделяют в ранге свиты Тролляхеймен, датируют ее как мезопротерозойскую (?) и описывают как ядро крупной антиклинали.

В то же время к югу от Земли Оскара II, в северной части Земли Веделя Ярлсберга (ЗВЯ) в сходной структурно-фациальной зоне выделена и описана осадочно-вулканогенная серия Чемберлендален вендского возраста

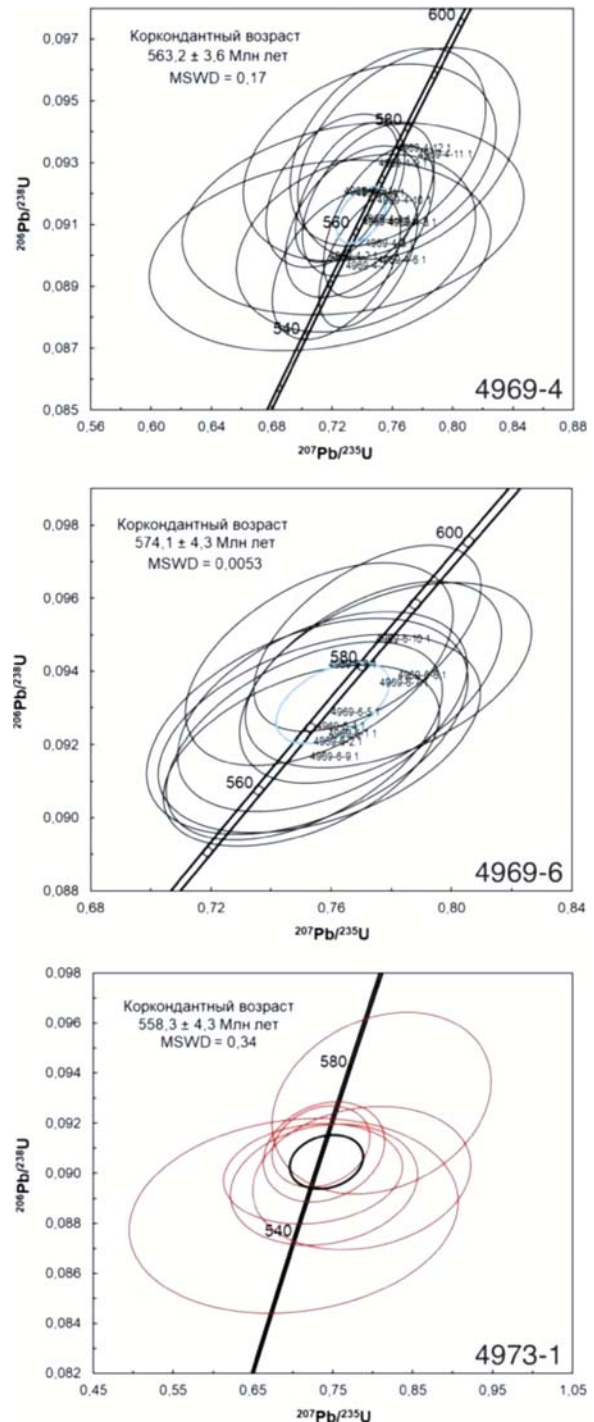


Рис. 2. Диаграммы с конкордией для цирконов из метавулканитов свиты Тролляхеймен

Fig. 2. Concordia diagrams for zircons from metabasalts of the Trollheimen Suite

[Сироткин, Евдокимов, 2022]. Геолого-петрологические характеристики метавулканитов этой серии во многом сопоставимы с характеристиками метавулканитов свиты Тролляхеймен. Новые датировки по цирконам из пород свиты Тролляхеймен позволяют нам выделить в этом районе архипелага новый вендский стратон, породы которого по возрасту и другим характеристикам (субщелочной и щелочной состав вендских метабазитов, формирование их в условиях внутриплитной обстановки) хорошо коррелируются с породами серии Чемберлендален.

Присутствие вендских вулканитов в южной части Земли Оскара II выявлено впервые, хотя ранее и предсказывалось [Harland et al., 1993]. В целом же мы должны отметить, что вендское время на Шпицбергене давно рассматривается как период активизации, прежде всего тектонической [Бархатов, 1970; Красильщиков, 1973; Кузнецов, 2009 и др.], а также магматической [Harland et al., 1993; Сироткин, Евдокимов, 2022 и др.]. И если тектоническая активизация маркируется горизонтами вендских тиллитов и ансамблями тиманских мезоструктур в породах рифея, то вендские вулканиты известны теперь в двух районах – северная часть ЗВЯ и южная часть Земли Оскара II. Большое сходство в геологической позиции, петрологических характеристиках и возрастных данных указывает на единый механизм формирования двух комплексов, с одной стороны, а с другой – на обоснованный прогноз по выявлению новых вендских вулканогенных комплексов в других районах архипелага.

Сегодня уже не является дискуссионным вопрос о присутствии следов вендской тектоно-магматической активизации в коре архипелага на западном побережье Шпицбергена [Сироткин, Евдокимов, 2022]. Спорным вопросом оставалось определение геодинамических обстановок, в которых эта активизация была проявлена. Наши предшественники предполагали, что это условия континентального рифтогенеза [Harland et al., 1993], либо континентальной коллизии [Koehl et al., 2022], либо отраженная активизация в тыловой части плиты за коллизионным фронтом [Кузнецов, 2009 и др.]. Петро- и геохимические данные по метавулканитам и метаосадкам серии Чемберлендален представили свидетельства, что этот процесс был близок по природе к континентальному рифтогенезу [Сироткин, Евдокимов, 2022]. Материалы по метавулканитам свиты Тролляхеймен доказывают, что вендский вулканизм на архипелаге связан с внутриплитными процессами.

Литература

Бархатов Б. П. Основные этапы тектонического развития архипелага Шпицберген // Вестник ЛГУ. 1970. № 6. Вып. 1. С. 157–159.

Красильщиков А. А. Стратиграфия и палеотектоника докембрия – раннего палеозоя Шпицбергена // Труды НИИГА. Т. 172. Л.: Недра, 1973. 120 с.

Красильщиков А. А., Ковалева Г. А. Докембрийские литолого-стратиграфические комплексы западного побережья Шпицбергена // Геология Свальбарда. Л.: НИИГА, 1976. С. 63–70.

Кузнецов Н. Б. Основание Свальбарда: северо-восточное продолжение Скандинавских каледонид или северо-западное продолжение Протоуралиды-Тиманиды? // Бюллетень МОИП. Отдел геол. 2009. Т. 84, вып. 3. С. 23–51.

Сироткин А. Н., Евдокимов А. Н. Вендский возраст магматических пород района долины Чемберлена (северная часть Земли Веделя Ярлсберга, архипелаг Шпицберген) // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 419–434. doi: 10.31897/PMI.2022.20

Bergh S., Ohta J., Andresen A., Maher H. D., Braathen A., Dallmann W. K. Geological map of Svalbard 1:100 000, sheet B8G, St. Jonsfjorden. Norsk Polarinstittut Temakart 34. Tromsø, 2003.

Harland W. B., Horsfield W., Manby G., Morris A. P. An outline pre-Carboniferous stratigraphy of central western Spitsbergen // Norsk Polarinstittut Skrifter. 1979. Vol. 167. P. 119–144.

Harland W. B., Hambrey M., Waddams P. Vendian geology of Svalbard // Norsk Polarinstittut Skrifter. 1993. Vol. 193. 150 p.

Koehl J.-B. P., Magee C., Anell I. M. Impact of Timanian thrust systems on the late Neoproterozoic – Phanerozoic tectonic evolution of the Barents Sea and Svalbard // Solid Earth. 2022. Vol. 13. P. 85–115. doi: 10.5194/se-13-85-2022

References

Barkhatov B. P. The main stages of tectonic development of the Spitsbergen Archipelago. *Vestnik LGU = Bulletin of Leningrad State University*. 1970;6(1): 157–159. (In Russ.)

Bergh S., Ohta J., Andresen A., Maher H. D., Braathen A., Dallmann W. K. Geological map of Svalbard 1:100 000, sheet B8G, St. Jonsfjorden. Norsk Polarinstittut Temakart 34. Tromsø; 2003.

Harland W. B., Horsfield W., Manby G., Morris A. P. An outline pre-Carboniferous stratigraphy of central western Spitsbergen. *Norsk Polarinstittut Skrifter*. 1979;167:119–144.

Harland W. B., Hambrey M., Waddams P. Vendian geology of Svalbard. *Norsk Polarinstittut Skrifter*. 1993;193:150.

Koehl J.-B. P., Magee C., Anell I. M. Impact of Timanian thrust systems on the late Neoproterozoic – Phanerozoic tectonic evolution of the Barents Sea and Svalbard. *Solid Earth*. 2022;13:85–115. doi: 10.5194/se-13-85-2022

Krasil'shchikov A. A. Stratigraphy and paleotectonics of the Precambrian – Early Paleozoic of Spitsbergen.

Trudy NIIGA = Proceedings of the Scientific Research Institute of Arctic Geology. Vol. 172. Leningrad: Nedra, 1973. 120 p. (In Russ.)

Krasil'shchikov A. A., Kovaleva G. A. Precambrian lithologic-stratigraphic complexes of the western coast of Spitsbergen. *Geologiya Sval'barda = Geology of Svalbard*. Leningrad: NIIGA; 1976. P. 63–70. (In Russ.)

Kuznetsov N. B. Founding of Svalbard: north-eastern continuation of the Scandinavian Caledonides or north-

western continuation of the Protouralids-Timanids? *Byulleten' MOIP. Otdel geol. = Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geol. Series*. 2009;84(3):23–51. (In Russ.)

Sirotkin A. N., Evdokimov A. N. Vendian age of igneous rocks of the Chamberlain valley area (Northern part of the Wedel Jarlsberg Land, Svalbard Archipelago). *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2022;255:419–434. (In Russ.). doi: 10.31897/PMI.2022.20

Поступила в редакцию / received: 31.07.2025; принята к публикации / accepted: 13.02.2026.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Сироткин Александр Николаевич

д-р геол.-мин. наук, начальник сектора
по изучению геологии Шпицбергена отдела
геологического картирования

e-mail: pechenga-67@yandex.ru

CONTRIBUTOR:

Sirotkin, Alexander

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Section Head