



NORTH-EASTERN SHARED RESEARCH FACILITIES OF NEISRI FEB RAS: EQUIPMENT AND DIRECTIONS OF RESEARCH

O.T. Sotskaya ✉, P.S. Minyuk , V.V. Akinin 

Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 16 Portovaya St, Magadan 685000, Russia

ABSTRACT. The activity of the North-Eastern Shared Research Facilities of the Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (NEISRI FEB RAS) is aimed at conducting analytical studies of rocks, minerals, ores, soils, lake and sea sediments, water bodies using various methods: optical microscopy, X-ray microanalysis, X-ray fluorescence analysis, quantitative emission spectral analysis, atomic absorption spectrometry, isotope geochronology, paleomagnetism and petromagnetism. The results of mineralogical, geochemical, petrophysical, isotope-geochronological (including radiocarbon) and palynological studies have been published in national and international scientific journals.

KEYWORDS: shared research facilities; research methods; mineral; ore; rock; sediments

SHORT COMMUNICATION

Correspondence: Olga T. Sotskaya, sotskaya@neisri.ru

Received: December 7, 2021

Revised: January 13, 2022

Accepted: January 20, 2022

FOR CITATION: Sotskaya O.T., Minyuk P.S., Akinin V.V., 2022. North-Eastern Shared Research Facilities of NEISRI FEB RAS: Equipment and Directions of Research. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (2), 0586. doi:10.5800/GT-2022-13-2-0586

СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ СВКНИИ ДВО РАН: АППАРАТУРА И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

О.Т. Соцкая, П.С. Минюк, В.В. Акинин

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН, 685000, Магадан, ул. Портовая, 16, Россия

АННОТАЦИЯ. Деятельность центра направлена на проведение аналитических исследований горных пород, минералов, руд, почв, озерных и морских осадков, водных объектов с использованием различных методов: оптической микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа, рентгенофлуоресцентного анализа, эмиссионного количественного спектрального анализа, атомно-абсорбционной спектрометрии, изотопной геохронологии, палеомагнетизма и петромагнетизма. Полученные результаты минералого-геохимических, петрофизических, изотопно-геохронологических, радиоуглеродных и палинологических исследований опубликованы в отечественных и зарубежных научных журналах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аналитический центр; методы исследований; минерал; руда; горная порода; осадки

1. ВВЕДЕНИЕ

Северо-Восточный центр коллективного пользования (ЦКП) создан 01.05.2019 г. на базе Аналитического центра СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан). Основным направлением деятельности ЦКП является проведение аналитических работ в области исследования веществ и материалов природных и техногенных объектов на северо-востоке России. В центре проводятся научные исследования как по приоритетным направлениям и темам СВКНИИ ДВО РАН, так и по договорным работам для заинтересованных организаций региона. В рамках научных тем выполняются следующие исследования:

- 1) минералогические – определение химического состава и строения минералов, пород и руд; анализ микровключений; описание морфологии кристаллов;
- 2) геохимические – количественное определение концентраций элементов в исследуемых образцах горных пород, руд, минералов и осадков;
- 3) минералого-геохимические – выявление специализации россыпей золота, образовавшихся за счет различных формационных и минеральных типов коренных источников; изучение специфики руд месторождений золотосульфидно-вкрапленного типа в южной части Яно-Колымского золотоносного пояса и др.;
- 4) изотопно-геохронологические – изучение изотопного возраста магматических и метаморфических пород;
- 5) гидрохимические – анализ проб воды и суспензий;
- 6) петрофизические – определение плотности, магнитной восприимчивости, остаточной намагниченности пород и коэрцитивных характеристик горных пород, руд, минералов и осадков;
- 7) магнетоминералогические – определение точек Кюри и фазовых переходов;
- 8) палинологические – споро-пыльцевой анализ осадков с целью изучения последовательности изменения природной среды и реконструкции климатических условий;

9) радиоуглеродное датирование – определение возраста органических останков.

2. НАУЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Оборудование для изучения химического состава минералов включает:

- микроанализатор Camebax с ЭДС-детектором Xmax-50 (Oxford Instruments) и программным обеспечением AZtec, INCA;
- сканирующий электронный микроскоп EVO-50 с энергодисперсионными спектрометрами AXS XFlash фирмы Bruker и системой анализа Quantax Esprite 1.9 для изучения неполированных и полированных образцов;
- автоматизированную систему QEMSCAN на базе EVO-50 для определения содержаний минералов в образце, минеральных ассоциаций, размера минеральных зерен, степени раскрытия полезного компонента и др.

Оборудование для геохронологических исследований включает:

- масс-спектрометры МИ-1201 и МИ-1201ИГ для определения возраста Rb-Sr и K-Ar изотопными методами;
- комплекс пробоподготовки для выделения монофракций минералов;
- радиометр Quantulus Perkin Elmer для определения радиоуглеродного возраста.

Оборудование для геохимических и химических исследований включает:

- рентгеновские спектрометры CPM-25 и S4-Pioneer с применением методики HСAM 313-PC для определения породообразующих элементов, рентгеновский спектрометр VRA-30 с применением методик HСAM 308-PC, 516-PC, 517-PC для определения редких элементов;
- атомно-эмиссионный спектрограф ДФС-13 с просыпкой УСА с применением методики спектрального анализа на широкий круг элементов повышенного уровня воспроизводимости, разработанной в СВКНИИ ДВНЦ АН СССР в 1978 г. (шифр 3.14.8.3);

– спектрофотометр HITACHI 180-70 с применением методик HСAM 164-ХС, 155-ХС-1, 237-С для проведения атомно-абсорбционной спектрометрии;

– Agilent 4100 MP-AES с применением методики HСAM 499-АЭС/МС для атомно-эмиссионной спектрометрии с возбуждением микроволновой плазмы с целью определения Au, Ag и цветной группы элементов;

– атомно-эмиссионный спектрометр Agilent 4100 MP-AES с применением методики ПНД Ф 14.1:2:4.140-98 для определения катионов водных сред;

– спектрофотометр UV mini-1240 и титриметрическое оборудование для определения анионов;

– измерительный комплекс на основе микротермокамеры THMSG-600 (Linkam, Англия), микроскопа Motic, снабженного длиннофокусным объективом 50x (Olimpus), и видеокамеры Moticam solution 3 Mpx для термобарогеохимических исследований.

Петрофизические исследования проводятся на следующем оборудовании:

– спинмагнетометре JR-5 для определения остаточной намагниченности;

– капнометре MFK1-FA с термопечкой CS-3 и криостатом CS-L для измерения магнитной восприимчивости, определения точек Кюри и фазовых переходов;

– коэрцитиметре для измерений гистерезисных характеристик, включающих намагниченность насыщения, остаточную намагниченность насыщения, коэрцитивные силы;

– магнитных весах для определения точек Кюри минералов.

Оборудование для пробоподготовки включает распиловочные станки, дробилки и стиратели, шлифовально-полировальные приборы, муфельные печи, сушильные шкафы и т.д.

3. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе проведенных комплексных вещественных и геохимических исследований золоторудных месторождений Наталка и Павлик и вмещающих их верхнепермских отложений (руч. Тихоня) показана существенная исходная роль верхнепермских отложений, обусловивших благоприятную обстановку для дальнейшего рудообразования и послуживших дополнительным источником благородных и сопутствующих металлов [Mikhailitsyna, Sotskaya, 2020].

Изучены зоны рассеянной сульфидизации Чай-Юрьинского, Дебинского и Оротукано-Среднеканского крупных разломов и прилегающих позднепермских и раннеюрских осадочных комплексов юго-восточного фланга Яно-Колымского орогенного пояса. По вариациям состава минералов, распределению примесей и изотопии серы выделено три генетические группы пирита: седиментогенная, гидротермально-метаморфогенная и рудно-гидротермальная [Goryachev et al., 2020b].

Охарактеризованы выделения мальдонита, ютенбогаардтита, губчатого и «горчичного» золота из рудных проявлений, связанных с гранитным интрузивом золоторудной системы (RIRGD-системы – Reduced Intrusive

Related Gold Deposit) в юго-восточной части Яно-Колымского золотоносного пояса. Мальдонит установлен в висмут-сульфотеллуридном минеральном типе проявления рудопроявлений Фронт и Плацдарм, ютенбогаардтит – в сульфидно-сульфоарсенидном типе на рудопроявлении Плацдарм [Litvinenko, Shilina, 2020].

По результатам аналитических, минералогических и технологических исследований рудовмещающих пород месторождения Дегдекан самородное золото подразделено на четыре разновидности. Предложена единая технологическая схема извлечения Au и платиноидов в концентраты методами гравитационного обогащения [Mikhailitsyna et al., 2020].

Проведено минералого-геохимическое изучение металлогенности позднеплейстоценовых донных осадков (колонка из пролива Лонга), и установлены два горизонта, обогащенных Au, Pd, Ag, различающихся по химизму осадков. Методом СЭМ-РСМА выявлен широкий комплекс рудных минералов: наиболее распространены пирит-марказит, а также арсенопирит, халькопирит, халькозин, самородные Au, Ag, Pb, акантит и сложные фазы Fe-Ni-Cr, Ag-Cu-Pb-Zn [Goryachev et al., 2020a].

По минеральному составу пород, изученному на сканирующем электронном микроскопе EVO-50 с автоматизированной системой QEMSCAN методом покадрового сканирования (Field scan), установлена метасоматическая зональность молибден-порфировой системы Аксу в Коркодон-Наяханской зоне магматической активизации (рис. 1). Ядро системы – калишпат-мусковитовые метасоматиты, северо-западный блок – эпидот-биотитовые и эпидот-пироксеновые пропилиты, юго-восточный блок – последовательный переход от калишпат-серицитовых метасоматитов до фрагментов аргиллизитовых пород [Sotskaya et al., 2016, 2021].

Получены данные по вещественному составу, установлены минеральные ассоциации, крупность частиц и степень раскрытия золота в гравитационных концентратах руд месторождения Наталка с использованием автоматической программы QEMSCAN в режиме анализа минеральных частиц (PMA) [Sotskaya et al., 2016].

На основе новых изотопно-геохронологических и геохимических данных охарактеризованы в сравнительном плане главные позднемезозойские магматические пояса Северо-Восточной России, Аляски и североамериканских Кордильер. Установлены главные эпизоды асинхронности магматизма и различия в геодинамических условиях проявления (сжатие в Кордильерах против растяжения и субдукции на северо-востоке России и Аляске в интервале 125–60 млн лет) [Akinin et al., 2020]. Пробоподготовка (выделение циркона для U-Pb датирования) и химический анализ пород на главные элементы выполнены в СВ ЦКП СВКНИИ ДВО РАН.

Установлена связь геохимических и петрофизических характеристик озерных осадков с изменениями природной среды в плиоцене и плейстоцене. Например, теплые климатические стадии, выделенные по осадкам озер Эльгыгытгын и Гранд, характеризуются

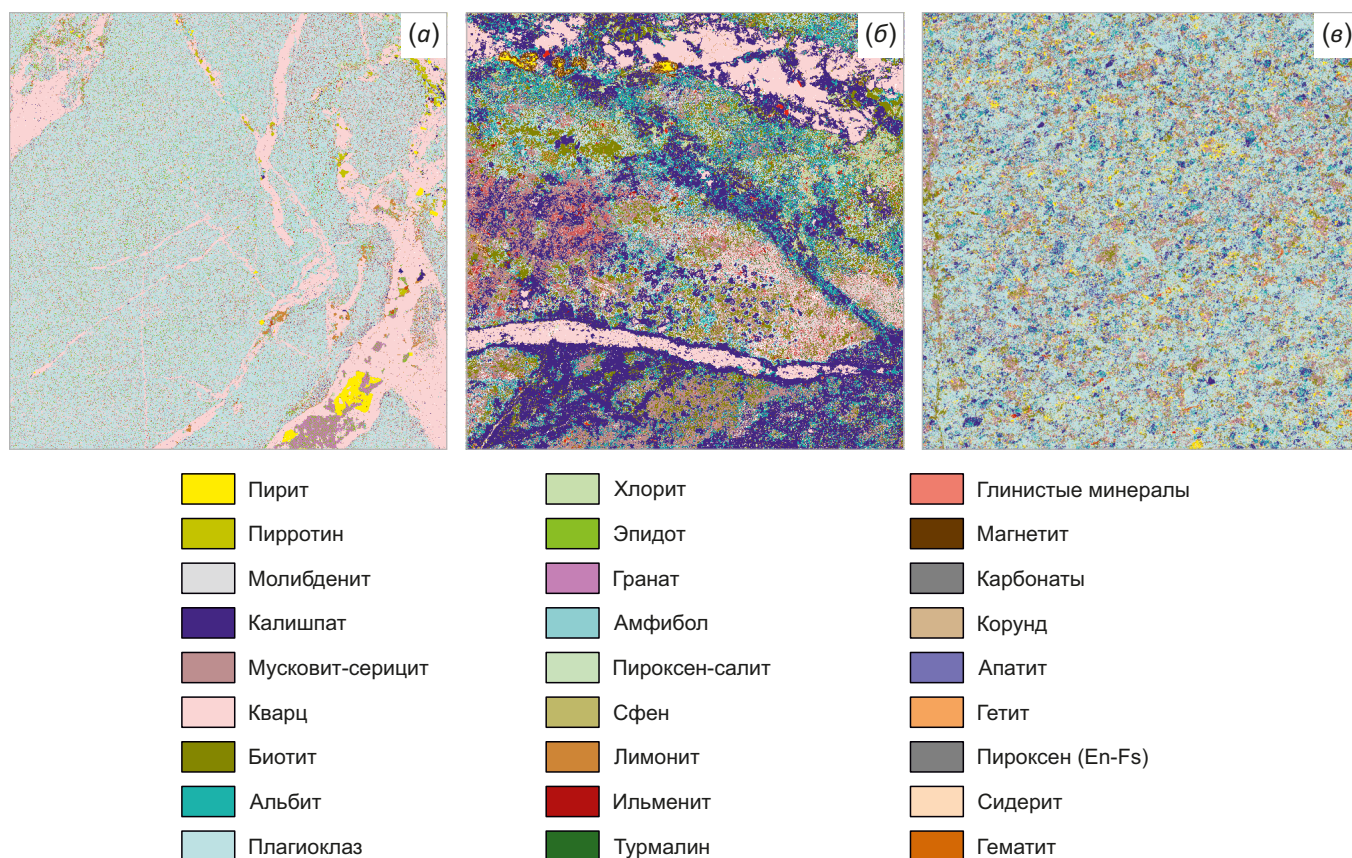


Рис. 1. Минеральный состав образцов по результатам QEMSCAN: (а) – западный фланг Аксу; (б) – центр Аксу; (в) – восточный фланг Аксу.

Fig. 1. Mineral composition of samples according to QEMSCAN results: (a) – Akсу west flank; (b) – Akсу center; (e) – Akсу east flank.

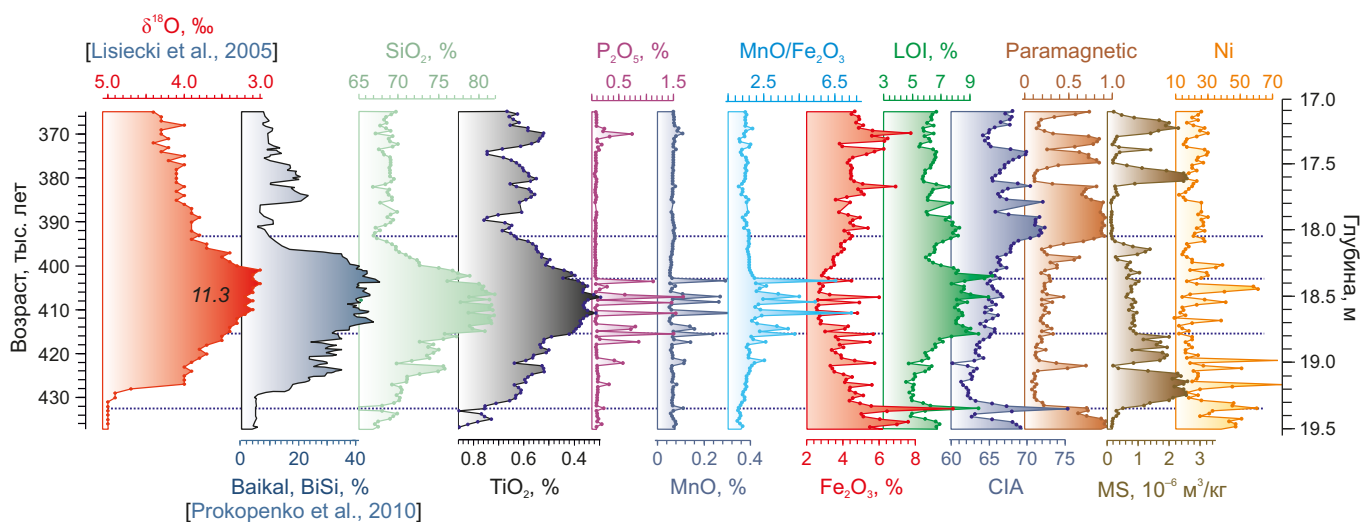


Рис. 2. Геохимическая и петрофизическая характеристика осадков стадии 11.

Условные обозначения: BiSi – биогенный кремнезем; LOI – потери при прокаливании; CIA – индекс химического изменения; MS – магнитная восприимчивость; Paramagnetic – парамагнитная компонента намагниченности.

Fig. 2. Geochemical and rock magnetic properties of MIS 11 sediments.

Symbols: BiSi – biogenic silica; LOI – loss on ignition; CIA – chemical index of alteration; MS – magnetic susceptibility; Paramagnetic – paramagnetic component of magnetization.

высокими значениями магнитных параметров, повышенными содержаниями SiO_2 , CaO , Na_2O , K_2O , Sr , низкими концентрациями Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO [Minyuk et al., 2014; Minyuk, Subbotnikova, 2021] (рис. 2). Магнитогеохимические параметры использованы для выделения кратковременных климатических событий голоцена, изменений режимов осадконакопления, установления генезиса отложений, вулканической активности [Minyuk, Borkhodoev, 2021].

Радиоуглеродным методом проведено датирование отложений позднего плейстоцена и голоцена на северо-востоке России, определен возраст археологических памятников. В частности, радиоуглеродная хронология использована для реконструкции популяционной истории и динамики исчезновения шерстистого мамонта на севере Сибири [Dehasque et al., 2021].

Результаты палинологического анализа морских изотопно-кислородных стадий (MIS) 38–31 (~1260 до 1060 тыс. л. н.) осадков оз. Эльгыгытгын позволили установить реакции наземной растительности на климатические изменения в период перехода от раннего плейстоцена к среднему [Lozhkin et al., 2019].

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имеющаяся в ЦКП научная аппаратура позволяет получать аналитические данные для исследований различных проблем геологии, минералогии, хронологии, палеоклиматологии, стратиграфии и экологии. Центр коллективного пользования в Северо-Восточном регионе, где широко развито рудное направление геологических исследований, востребован научными и производственными организациями.

5. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

The authors contributed equally to this article.

6. КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTERESTS

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Все авторы прочитали рукопись и согласны с опубликованной версией.

The authors have no conflicts of interest to declare. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

7. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Akinin V.V., Miller E.L., Toro J., Prokopiev A., Gottlieb E.S., Pearcey S., Polzunenkov G.O., Trunilina V.A., 2020. Episodicity and the Dance of Late Mesozoic Magmatism and Deformation along the Northern Circum-Pacific Margin: North-Eastern Russia to the Cordillera. *Earth-Science Reviews* 208, 103272. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103272>.

Dehasque M., Pečnerová P., Muller H., Tikhonov A., Nikolskiy P., Tsigankova V.I., Danilov G.K., Díez-del-Molino D., Vartanyan S., Dalén L., Lister A.M., 2021. Combining Bayesian

Age Models and Genetics to Investigate the Extinction Dynamics in Siberian Woolly Mammoths. *Quaternary Science Reviews* 259, 106913. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.106913>.

Goryachev N.A., Sotskaya O.T., Astakhov A.S., Xuefa S., Mikhailitsyna T.I., Aksentov K.I., Berdnikov N.V., 2020a. Ore Mineralization in Pleistocene Sediments of Long Strait (East Siberian Sea). *Doklady Earth Sciences* 491 (2), 220–223. <https://doi.org/10.1134/S1028334X20040066>.

Goryachev N.A., Sotskaya O.T., Ignatyev A.V., Velivetskaya T.I., Goryacheva E.M., Semyshev F.I., Berdnikov N.V., Malinovsky M.A., Al'shevsky A.V., 2020b. On Sulfide Mineralization of Large Fault Zones in the Yana-Kolyma Orogenic Belt. *Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of FEB RAS* 1, 11–29 (in Russian) [Горячев Н.А., Соцкая О.Т., Игнатъев А.В., Веливецкая Т.И., Горячева Е.М., Семышев Ф.И., Бердников Н.В., Малиновский М.А., Альшевский А.В. О сульфидной минерализации зон крупных разломов Яно-Колымского орогенного пояса // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2020. № 1. С. 11–29]. <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2020-1-11-29>.

Lisiecki L.E., Raymo M.E., 2005. A Pliocene-Pleistocene Stack of 57 Globally Distributed Benthic $\delta^{18}\text{O}$ Records. *Paleoceanography and Paleoclimatology* 20 (1), PA1003. <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>.

Litvinenko I.S., Shilina L.A., 2020. Maldonite, Uytенбогаардтит и Varieties of Native Gold in Lodes of the Nizhne-Myakitsky Mineral District, North-East Russia. *Proceedings of the Russian Mineralogical Society* 149 (3), 18–37 (in Russian) [Литвиненко И.С., Шилина Л.А. Мальдонит, ютенбогаардтит и разновидности самородного золота из рудных проявлений Нижне-Мякитского рудно-россыпного узла (северо-восток России) // Записки РМО. 2020. Т. 149. № 3. С. 18–37]. <https://doi.org/10.31857/S0869605520030041>.

Lozhkin A.V., Anderson P.M., Minyuk P.S., Korzun J.A., Nedorubova E.Y., Kirillova M.A., 2019. Environmental Changes in Arctic Chukotka during Marine Isotope Stages 38–31: Implications for the Early to Middle Pleistocene Transition. *Bo-reas* 49 (1), 168–180. <https://doi.org/10.1111/bor.12413>.

Mikhailitsyna T.I., Nikitenko E.M., Sotskaya O.T., 2020. Prospects for Degdekan Gold Project in the North-East of Russia. *Mining Journal* 12, 21–25 (in Russian) [Михалицына Т.И., Никитенко Е.М., Соцкая О.Т. Перспективы освоения Дегдеканского золоторудного месторождения (северо-восток России) // Горный журнал. 2020. № 12. С. 21–25]. [HTTPS://DOI.ORG/10.17580/GZH.2020.12.04](https://doi.org/10.17580/GZH.2020.12.04).

Mikhailitsyna T.I., Sotskaya O.T., 2020. The Role of Black-Shale Strata in the Formation of the Natalka and Pavlik Gold Deposits (Yana-Kolyma Orogenic Belt). *Russian Geology and Geophysics* 61 (12), 1354–1373. <http://dx.doi.org/10.15372/RGG2020149>.

Minyuk P.S., Borkhodoev V.Y., 2021. Geochemistry and Geophysics of Active Volcanic Lakes: An Introduction Response of Geochemical Characteristics on the Environmental Changes in the Holocene: Data on Bottom Sediments of Lake Maloe, Iturup Island. *Geochemistry International* 59, 422–434. <https://doi.org/10.1134/S0016702921040054>.

Minyuk P.S., Borkhodoev V.Y., Wennrich V., 2014. Inorganic Geochemistry Data from Lake El'gygytgyn Sediments: Marine Isotope Stages 6–11. *Climate of the Past* 10 (2), 467–485. <https://doi.org/10.5194/cp-10-467-2014>.

Minyuk P., Subbotnikova T., 2021. Rock Magnetic Properties of Grand Lake Sediments as Evidence of Environmental Changes during the Last 60 000 Years in North-East Russia. *Boreas* 50 (4), 1027–1042. <https://doi.org/10.1111/bor.12546>.

Prokopenko A.A., Bezrukova E.V., Khursevich G.K., Solotchina E.P., Kuzmin M.I., Tarasov P.E., 2010. Late in Continental Interior Asia during the Longest Interglacial of the Past 500 000 Years: The New MIS 11 Records from Lake Baikal, SE Siberia. *Climate of the Past* 6 (1), 31–48. <https://doi.org/10.5194/cp-6-31-2010>.

Sotskaya O.T., Goryachev N.A., Goryacheva E.M., Nikitenko E.M., 2016. Application of the QEMSCAN Device for Studying the Material Composition and Assessing the Quality of Ore. In: II Geo-Analytical Conference "Sampling of Ore

Deposits: Problems, Solutions". Conference Proceedings (November 15–17, 2016). Moscow, p. 54–57 (in Russian) [Соцкая О.Т., Горячев Н.А., Горячева Е.М., Никитенко Е.М. Применение прибора QEMSCAN для изучения вещественного состава и оценки качества руды // II Гео-аналитическая конференция «Опробование рудных месторождений: проблемы, пути решения»: Материалы конференции (15–17 ноября 2016 г.). М., 2016. С. 54–57].

Sotskaya O.T., Mikhailitsyna T.I., Savva N.E., Goryachev N.A., Mamatyusupov V.T., Semishev F.I., Malinovsky M.A., 2021. Ore-Metasomatic Zonality of the Aksu Molybdenum-Porphyry System (North-East Asia). *Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of FEB RAS* 3, 3–17 (in Russian) [Соцкая О.Т., Михалицына Т.И., Савва Н.Е., Горячев Н.А., Маматюсупов В.М., Семышев Ф.И., Малиновский М.А. Рудно-метасоматическая зональность молибден-порфировой системы Аксу (северо-восток России) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2021. № 3. С. 3–17]. <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2021-3-3-17>.