

ГЕОСФЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

GEOSPHERE RESEARCH

Научный журнал

2018

№ 4

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере
массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия
(свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-66443 от 14 июля 2016 г.)

Томский государственный университет
2018

Учредитель – Томский государственный университет

Адрес редакции и издателя: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, Национальный исследовательский Томский государственный университет, геолого-географический факультет. Сайт: <http://journals.tsu.ru/geo/>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: **Эрнст Р.Э.**, профессор Карлетонского университета, Оттава, Канада

E-mail: Richard.Ernst@Carleton.ca

Заместитель главного редактора: **Врублевский В.В.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

E-mail: vasvr@yandex.ru

Ответственный секретарь: **Асочакова Е.М.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия

E-mail: ev.asochakova@gmail.com

Гордиенко И.В., д-р геол.-минерал. наук, чл.-кор. РАН, Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Гутак Я.М., д-р геол.-минерал. наук, профессор Сибирского государственного индустриального университета, Новокузнецк, Россия

Евсеева Н.С., д-р геогр. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Земцов В.А., д-р геогр. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Изох А.Э., д-р геол.-минерал. наук, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Конторович А.Э., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

Коротеев В.А., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Кузьмин М.И., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия

Парначев В.П., д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Поздняков А.В., д-р геогр. наук, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

Поляков Г.В., д-р геол.-минерал. наук, чл.-кор. РАН, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Ревердатто В.В., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

Рихванов Л.П., д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского политехнического университета, Томск, Россия

Савичев О.Г., д-р геогр. наук, профессор Томского политехнического университета, Томск, Россия

Сазонов А.М., д-р геол.-минерал. наук, профессор Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия

Склярёв Е.В., д-р геол.-минерал. наук, чл.-кор. РАН, Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

Соломина О.Н., д-р геогр. наук, чл.-кор. РАН, директор Института географии РАН, Москва, Россия

Худoley А.К., д-р геол.-минерал. наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

Цыганков А.А., д-р геол.-минерал. наук, Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия

Чернышов А.И., д-р геол.-минерал. наук, профессор Томского государственного университета, Томск, Россия

Ярмолюк В.В., д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

Бэнкс Давид, CGeol, компания Holymoore Consultancy, Честерфилд, Университета Глазго, Великобритания

Гутierrez-Алонсо Г., профессор Университета Саламанки, Саламанка, Испания

Покровский О.С., ведущий научный сотрудник обсерватории Миди-Пиренейз Национального центра научных исследований, Тулуза, Франция

Чамберлейн К.Р., профессор, Университет Вайоминг, Ларамии, США

Чан Чонг Хоа, Геологический институт Вьетнамской Академии наук и технологий, Ханой, Вьетнам

Эрнст А.А., профессор, Гамбургский университет, Гамбург, Германия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Гертнер И.Ф., канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Горбатенко В.П.**, д-р геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Гринев О.М.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Катунин Д.А.**, канд. филол. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Краснова Т.С.**, канд. геол.-минерал. наук, начальник научного управления, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Лещинский С.В.**, д-р геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Лычагин Д.В.**, д-р физ.-мат. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Подобина В.М.**, д-р геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Ромашова Т.В.**, канд. геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Севастьянов В.В.**, д-р геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Татьянин Г.М.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Тишин П.А.**, канд. геол.-минерал. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия; **Хромых О.В.**, канд. геогр. наук, Томский государственный университет, Томск, Россия

Founder –Tomsk State University

“Geosphere Research”

International standard serial edition number: 2542-1379

Languages: Russian, English

Publication are non-commercial basis (FREE)

Open access

Contacts: 36 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050. Tomsk State University. Faculty of Geology and Geography;
<http://journals.tsu.ru/geo>

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief: **Richard E. Ernst**, Professor of the Carleton University, Ottawa, Canada

E-mail: Richard.Ernst@Carleton.ca

Deputy Editor-in-Chief: **Vassily V. Vrublevskii**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: vasvr@yandex.ru

Executive Editor: **Evgeniya M. Asochakova**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Assistant Professor, Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: ev.asochakova@gmail.com

Gordienko I.V., Corresponding Member of RAS, Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Gutak Ya.M., Professor of the Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Evseeva N.S., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Zemtsov V.A., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Izokh A.E., Professor, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Kuzmin M.I., Member of RAS, A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

Parnachov V.P., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Pozdnyakov A.V., Professor, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

Polyakov G.V., Corresponding Member of RAS, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Reverdatto V.V., Member of RAS, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

Rikhvanov L.P., Professor of the Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Savichev O.G., Professor of the Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Sazonov A.M., Professor of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Sklyarov E.V., Corresponding Member of RAS, Institute of the Earth Crust SB RAS, Irkutsk, Russia

Solomina O.N., Corresponding Member of RAS, Director of the Geography Institute RAS, Moscow, Russia

Khudoley A.K., Professor of the St. Petersburg University, St. Petersburg, Russia

Tsygankov A.A., Director of the Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Chernyshov A.I., Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia

Yarmolyuk V.V., Member of RAS, Institute of the Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia

David Banks, CGeol, Holymoor Consultancy, Chesterfield, UK

Gabriel Gutierrez-Alonso, Professor of the Salamanca University, Salamanca, Spain

Pokrovsky O.S., Leading Scientist, the Observatory Midi-Pyrénées of CNRS, Toulouse, France

Tran Trong Hoa, Chief Scientist, Geological Institute of the Vietnam Academy of Sciences and Technologies, Hanoi, Vietnam

Chamberlain K.R., Research Professor, Department of Geology & Geophysics, University of Wyoming, Laramie, USA

Ernst A.A., Professor of the Hamburg University, Hamburg, Germany

EDITORIAL COUNCIL

Gertner I.F., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Gorbatenko V.P.**, Dr. Sci. (Geogr.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Grinev O.M.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Katunin D.A.**, Cand. Sci. (Philol.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Krasnova T.S.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Leshchinskiy S.V.**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Lychagin D.V.**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Podobina V.M.**, Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Romashova T.V.**, Cand. Sci. (Geogr.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Sevast'yanov V.V.**, Dr. Sci. (Geogr.), Professor of the Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Tat'yanin G.M.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Tishin P.A.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Tomsk State University, Tomsk, Russia; **Khromykh O.V.**, Cand. Sci. (Geogr.), Tomsk State University, Tomsk, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

Редакторская колонка	6
Юргенсон Г.А., Трубачев А.И., Филенко Р.А. К истории минералогических исследований в Забайкалье	7
Юргенсон Г.А., Филенко Р.А. Об унаследованности геохимической специализации отходов горного производства от рудноформационной принадлежности рудных месторождений на примере Забайкалья	21
Юргенсон Г.А., Филенко Р.А. Современное минералообразование в геотехногенном ландшафте Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье)	32
Филенко Р.А., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К. Новые данные об арсенатах зоны гипергенеза Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье)	44
Решетова С.А. Реконструкция растительности Читино-Ингодинской впадины (Забайкалье) в позднем голоцене	56

ЮБИЛЕЙНАЯ ДАТА

Евсеева Н.С., Козлова И.В. Вклад томских географов в изучение природы Сибири: к 95-летию кафедры географии и 100-летию естественного отделения геолого-географического факультета Томского госуниверситета	64
---	-----------

ХРОНИКА

Родыгин С.А. V Международный симпозиум «Эволюция жизни на Земле» 2018	77
--	-----------

CONTENTS

Editor's note	6
Yurgenson G.A., Trubachev A.I., Filenko R.A. To the history of mineralogical studies in Transbaikalia	7
Yurgenson G.A., Filenko R.A. About genetic connection of geochemical specialization of wastes of mining production with ore-formation accessories of ore deposits on the example of Transbaikalia	21
Yurgenson G.A., Filenko R.A. Modern mineral formation in the geotechnogenic landscape of the Sherlovogorsky ore area (Eastern Transbaikalia)	32
Filenko R.A., Yurgenson G.A., Smirnova O.K. New data on mineralogy of the oxidation zone of the Sherlovogorsky ore area (Eastern Transbaikalia)	44
Reshetova S.A. Reconstruction of vegetation Chitino-Ingoda depression (Transbaikalia) in the Late Holocene	56

ANNIVERSARY DATE

Evseeva N.S., Kozlova I.V. The contribution of Tomsk geographers in the study of the nature of Siberia: to 95th Anniversary of Department of Geography and the 100th anniversary of the natural science Department of Geology and Geography Faculty of Tomsk State University	64
--	----

CHRONICLE

Rodygin S.A. V International Symposium «Evolution of Life on the Earth» 2018	77
---	----

РЕДАКТОРСКАЯ КОЛОНКА

В данном номере представлена серия публикаций, посвященных исследованию минералогии и геохимии природных и техногенных ландшафтов, выполненному сотрудниками лаборатории геохимии и рудогенеза Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН в рамках проекта по Государственному заданию под руководством д-ра геол.-минерал. наук, профессора Г.А. Юргенсона.

В статьях рассматриваются вопросы истории развития проведения минералогических исследований в Забайкалье, проводится сравнительный анализ геохимической специализации отходов эксплуатации рудных месторождений, обосновывается новый подход классификации на основе принципа их типохимизма, дается геоэкологический прогноз разработки новых месторождений.

Авторами приводятся новые данные по процессам современного минералообразования в зоне гипергенеза уникального Шерловогорского горнопромышленного района, показаны особенности развития сульфатной и арсенатной минерализации в техногенных ландшафтах, а также результаты палеореконструкции растительности Читино-Ингодинской впадины в Забайкалье в позднем голоцене.

В заключительной части номера размещены обзор V Международного симпозиума «Эволюция жизни на Земле» и материалы к 95-летию кафедры географии и 100-летию естественного отделения геолого-географического образования в Томском госуниверситете.

*Заместитель
главного редактора журнала
В.В. Врублевский*

УДК 549(929)

К ИСТОРИИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

Г.А. Юргенсон^{1, 2}, А.И. Трубачев², Р.А. Филенко¹

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

²Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

Читинское отделение Российского минералогического общества создано в 1968 г. За 50 лет деятельности оно выполнило огромную работу по изучению минерагении, геологии месторождений полезных ископаемых и минералогии. В XXI в. одним из важных направлений деятельности его членов стало изучение геохимии, в том числе, биогеохимии геосистем. Разрабатывается новое научное направление – минералогия и геохимия ландшафта. Систематически проводятся Всероссийские симпозиум «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и Чтения памяти акад. А.Е. Ферсмана.

Ключевые слова: Забайкалье, Российское минералогическое общество, Читинское отделение, геологическая наука.

Российское (Всесоюзное, Всероссийское) минералогическое общество имеет более чем двухвековую историю. Оно было создано российскими любителями и исследователями камня 17 января 1817 г. В его состав входили как выдающиеся российские ученые-минералоги, так и коллекционеры. Вплоть до 1882 года, когда был создан Геологический комитет, оно выполняло все виды геологических исследований на территории Российской империи. Вклад его членов в изучение геологии страны огромен. После организации Геолкома члены Минералогического общества преимущественно занимались изучением наиболее труднодоступных регионов России, где Геолком работ не проводил. В этот период общество стало уделять особое внимание основным направлениям минералогии, петрологии, геологии и минералогии месторождений полезных ископаемых, а также учению и процессах образования месторождений. Результаты этих исследований отражены в Записках минералогического общества, первый номер которых вышел в 1866 г. До этого им предшествовали издания «Трудов Минералогического общества» на немецком языке с 1843 г. [Соловьев, 1967]. Существенное значение имели выпуски «Материалов к минералогии России», издававшиеся Н.И. Кокшаровым.

Поскольку Забайкалье представляет один из исторических регионов России, где согласно Приказа рудокопных дел с конца XVII столетия

стала развиваться горная промышленность и для руководства ею был создан Нерчинский горный округ [Геологические... 1999], уже в первое десятилетие XVIII в. изучался минеральный состав полиметаллических руд. Возросла потребность России в валютном металле, каковым наряду с золотом было серебро, велись интенсивные поиски серебро-свинцовых руд и проводилось их изучение с целью оценки практической значимости. В 1773 г. в Петербурге было основано первое горное училище в России, следом за ним подобное учебное заведение создано и в Забайкалье, а также по аналогии с Петербургом в Нерчинском заводе организован и Минеральный кабинет, а фактически аналог Горного музея. В XIX в., когда начало функционировать Минералогическое общество, горные инженеры, в частности А.И. Кулибин, А. Таскин, В. Титов и другие, активно сотрудничали с ним. Н.И. Кокшаров изучил многие минералы Нерчинского края, что нашло отражение в его публикациях. Во главе с Почетным членом минералогического общества А.Д. Озерским [Озерский, 1867], в Забайкалье работала комиссия по оценке перспектив полиметаллических месторождений Приаргуны. В 1876 г. И. Боголюбовский выполнил сводку о золотоносности Нерчинского округа. Бесценен вклад в познание геологии и месторождений полезных ископаемых Забайкалья В.А. Обручева. В годы Первой мировой войны по предложению наиболее ак-

тивных членов Общества А.П. Карпинского, бывшего тогда его директором, В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана и других крупнейших ученых Российской академии наук была создана Комиссия по производительным силам (КЕПС) России, которая успешно функционировала и в советское время в виде СОПС. Месторождения самоцветов, в том числе Шерловой Горы, изучал П.П. Сушинский [Сушинский, 1915, 1917, 1925], месторождения вольфрама – М.М. Тетяев [Тетяев, 1918] и С.А. Докторович-Гребницкий [Докторович-Гребницкий, 1921]. С.А. Докторович-Гребницкий изучал также и месторождения плавикового шпата [Докторович-Гребницкий, 1916]. В июле 1914 г. В.И. Вернадский прибыл в Читу с целью изучения возможности оценки Забайкалья как одного из регионов страны, перспективных на открытие месторождений радиоактивных руд. По его рекомендации на Шерловой Горе работал К.А. Ненадкевич для поисков руд висмута [Ненадкевич, 1922], который показал его возможную промышленную значимость. В первые годы советской власти перед Обществом снова были поставлены задачи по изучению рудоносных территорий. В советское время на территории Забайкалья работали известные ученые-геологи – члены Минералогического общества: А.Е. Ферсман, С.С. Смирнов, О.Д. Левицкий, А.К. Болдырев и др.

Вклад Минералогического общества в изучение минерально-сырьевой базы страны в период ее индустриализации и в годы Великой отечественной войны был отмечен Советом Министров СССР, Постановлением которого от 11 октября 1947 г. Всероссийское минералогическое общество было преобразовано во Всесоюзное и передано в ведение Академии наук СССР. Это способствовало резкому повышению активности его членов в деле изучения недр [Соловьев, Доливо-Добровольский, 1992]. В начале 1990-х, как и вся геологоразведочная отрасль, Минералогическое общество было выведено из РАН и круга интересов государства вообще.

В 1949 г. для комплексного изучения геологии Забайкалья – исторического горно-промышленного района страны создано Читинское геологическое управление. Первые же открытия новых месторождений, переоценка известных и геолого-съёмочные работы потребо-

вали сопровождения их минералогическими исследованиями и создания минералогических лабораторий. В 1959 г. в Чите создаются филиалы ЦНИГРИ и ВИРГА, куда направляются молодые специалисты, одной из важнейших задач которых становится совершенствование овладением методов изучения вещества.

Действовавшая в Читинской области Забайкальская экспедиция СОПС в 1959 г. была преобразована в Читинскую комплексную лабораторию СО АН СССР, а 31 марта 1961 г. постановлением Президиума СО АН СССР – в Забайкальский комплексный научно-исследовательский институт, директором которого был назначен канд. геол.-минерал. наук Г.А. Мельников. Минералогические исследования в нем проводили члены Минералогического общества Б.В. Чесноков, А.В. Сидоров, А.Д. Сергеев, Г.А. Юргенсон, а также В.К. Боровков, В.В. Буканов, М.З. Кантор, Л.Ф. Наркелюн, А.И. Трубачев, впоследствии ставшие его действительными членами. Тематика их исследований охватывала широкий круг вопросов геологии рудных месторождений. В связи с интенсивным развитием исследований в области атомной энергетики Б.В. Чесноков, А.В. Сидоров, А.Д. Сергеев, Г.А. Юргенсон, М.З. Кантор изучали скарны Забайкалья с целью оценки их на промышленные концентрации бора, бериллия и других редких элементов. В.В. Букановым в институте была создана лаборатория минералогии, которая, после его отъезда в 1963 г. в Ленинград, преобразуется в отдел минералогии и петрографии, руководить последним поручается Г.А. Юргенсону. В.К. Боровков изучает месторождения урана, А.И. Трубачев – молибдена, а Л.Ф. Наркелюн, привезший из Казахстана монографическую коллекцию руд Джезказганского месторождения медистых песчаников, создает программу научного сопровождения разведки гигантского Удоканского месторождения медистых песчаников. В 1962 г. в созданную им группу исследователей этого месторождения входят Г.А. Юргенсон и А.И. Трубачев.

В 1964 г. на базе отделов горно-геологического профиля ЗабНИИ СО АН СССР создается Забайкальский комплексный научно-исследовательский институт Госгеолкома СССР. Основной его задачей определено научное обеспечение всего комплекса геологоразведочных работ на территории Забайкалья и при-

мыкающих территорий Восточной Сибири. Для обеспечения изучения минерально-сырьевой базы этой территории в нем создаются отделы геологии золота, геологии редких металлов, литологии, геологии месторождений урана, технологии обогащения минерального сырья и отдел физико-химических и минералогических исследований.

В 1960-х гг. усиливается процесс создания филиалов и региональных отделений Всесоюзного минералогического общества (ВМО). Уже действуют Уральское, Кольское, Украинское, Московское, Узбекистанское, Восточно-Сибирское, Армянское, Северо-Кавказское, Бурятское, Красноярское и другие отделения Общества. К этому времени в Забайкалье появилась необходимость обобщений огромного материала по изучению вещественного состава рудных месторождений, геохимии и петрологии интрузивных комплексов и других геологических формаций. В связи с этим в 1968 г. проводится работа по организации Читинского отделения Минералогического общества, и 28 марта, накануне Дня геолога, группа действительных членов общества провела собрание геологов, на котором создан Совет в составе: кандидаты геол.-минерал. наук Ю.И. Темников (председатель), А.Д. Канишев, И.Н. Фомин, геологи А.М. Гребенников (зам. председателя), Г.А. Юргенсон (ученый секретарь), Л.И. Владимирова (казначей), М.С. Шнайдер. В это время действительными членами ВМО были С.А. Аксенова, В.К. Боровков, И.Р. Заворотных, канд. геол.-минерал. наук Л.Ф. Наркелюн, канд. геол.-минерал. наук А.Д. Сергеев, Н.Г. Смирнова, А.И. Трубачев, Б.М. Тунин, А.А. Шнайдер, В.И. Шульдинер. Дружный коллектив Читинского отделения проводил заседания, на которых обсуждались вопросы типоморфизма минералов, условий образования и прогноза рудных месторождений. Некоторые из них нашли отражение в монографии С.П. Соловьева и В.В. Доливо-Добровольского «История Всесоюзного минералогического общества» [Доливо-Добровольский, 1992]. В ней отмечено, что М.С. Шнайдер и А.А. Шнайдер выступили с интересным докладом «Связь микротвердости с генетическими особенностями некоторых сульфидных минералов», А.И. Трубачев – с докладом «Рудные минералы меденосных пород Приангарья», А.Д. Сергеев, В.Д. Сазонов – с

докладом «Бавенит из флюоритизированных скарнов Забайкалья». Другой важной задачей было вовлечение в Общество новых членов. В 1969 г. в ВМО вступили специалист по ИК-спектроскопии А.А. Козаченко, создавший атлас ИК-спектров минералов Забайкалья; организатор лаборатории физики минералов В.И. Красников, разработавший методы оценки рудоносности с использованием типов проводимости минералов; знаток месторождений золота С.С. Максимов; исследователи электрических свойств сульфидов В.Д. Пантаев и исследователь рудных минералов В.А. Суматохин; один из создателей методики определения степени совершенства кристаллического строения минералов, мастер рентгеноструктурного анализа Г.Т. Тумуров, впервые внедривший его в Забайкалье; Т.А. Шемонаева, специалист по физике горных пород; геохимик В.А. Напартэ.

В 1972 г. Читинским отделением были организованы и проведены первые чтения памяти академика А.Е. Ферсмана «Минералогия и условия образования месторождений вольфрамиты и шеелита Забайкалья». В 1973 г. они были посвящены редкометалльным месторождениям Забайкалья, на которых прозвучали доклады, четыре из них отмечены в работе [Соловьев, Доливо-Добровольский, 1992]: А.С. Бабкин, В.Г. Гладков, Ю.И. Темников «Геологические и генетические взаимоотношения редкометалльных гранитов и пегматитов Восточного Забайкалья», А.М. Гребенников, Б.А. Гайворонский «Оловоносные мезозойские граниты и продуктивные формации Забайкалья», М.Д. Скурский «Региональные критерии промышленного танталового и танталово-ниобиевого оруденения», Г.А. Юргенсон «Идеи А.Е. Ферсмана и современные представления о процессах образования редкометалльных пегматитов». Ю.И. Темников и Г.А. Юргенсон приняли участие в торжественном заседании ВМО 14 декабря 1972 г., посвященном 50-летию образования СССР. Решением Президиума ВМО в числе других ученых они были награждены почетными дипломами за создание Читинского отделения ВМО. С 1973 г. Президиум ВМО проводит годовые научные собрания. В первом из них, проведенном в Ленинграде 11–13 декабря, приняли участие представители Читинского отделения. В монографии С.П. Соловьева и В.В. Доливо-Добровольского [Соловьев, Доливо-Добро-

вольский, 1992] приведены сведения о произнесенных ими докладах: У.А. Корчагин, Г.А. Юргенсон, А.М. Гребенников, А.Д. Сергеев «Вариации состава и свойств вольфрамитов и условия его образования на примере месторождений Забайкалья и МНР», Г.А. Юргенсон, А.А. Козаченко, В.Н. Аношкин «Изменения состава и свойств кристаллов кварца Каральвеевского месторождения в процессе их роста».

В 1973 г. в связи с отъездом Ю.И. Темникова в г. Иркутск председателем Читинского отделения избран канд. геол.-минерал. наук Г.А. Юргенсон, а ученым секретарем – С.А. Омеляненко.

В 1970–1977 гг. продолжался рост численности отделения. Оно пополнилось специалистами в области геологии и минералогии рудных месторождений. В общество вступили М.Д. Скурский (1970), Б.А. Гайворонский (1973), Л.М. Красильников (1973), С.А. Омеляненко (1973), А.М. Стрелов (1974), Ю.Г. Невзоров (1975), В.Г. Хомич (1975), О.И. Широкий (1975), П.М. Аносов (1976), В.Г. Дзасохов (1976), Д.Н. Розов (1977), А.И. Токарев (1977), В.Е. Тупяков (1977), В.А. Фомина (1977). Это время ознаменовано овладением широким кругом геологов минералогическими методами исследований и применением их в практике прогноза, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. В связи с открытием в Чите филиала Иркутского политехнического института и необходимостью организации подготовки геологических кадров часть членов Читинского отделения связала свою дальнейшую научную деятельность с этой организацией. В политехнический институт целиком ушла группа исследователей во главе с Л.Ф. Наркелюном (А.И. Трубачев, В.С. Салихов), занимавшихся изучением месторождений меди, продолжая работать в составе Отделения. Ушедший туда же Л.М. Красильников изучал месторождения флюорита. Читинское отделение интенсивно работало в области развития минералогических методов поисков и прогноза рудных месторождений. Прежде всего это были исследования физики кварца под руководством канд. геол.-минерал. наук Г.А. Юргенсона, создавшего мощный отдел физико-химических и минералогических исследований, обеспечивавший изучение состав и свойств минералов не только в Забайкалье, но и в других регионах

страны, а также лаборатория физики минералов под руководством В.И. Красникова. В этих двух подразделениях, где работали А.А. Козаченко, Н.Г. Смирнова, Г.Т. Тумуров, Л.И. Владимиров, В.А. Фаворов, В.А. Суматохин, П.М. Аносов, О.И. Широкий и другие члены Общества, были разработаны методы использования электрических и других физических свойств сульфидов и кварца для рудно-формационного анализа и оценки эрозионного среза месторождений и рудопроявлений.

Эти достижения стали основополагающими для открытия в 1976 г. единственных на тот момент Всесоюзных курсов повышения квалификации инженеров-геологов с целью обеспечения внедрения минералогических методов исследований в практику геологоразведочных работ. Курсы действовали до 1988 года и выпустили около 1000 специалистов геологической отрасли, вузов и горнодобывающих предприятий из всех регионов и Союзных республик СССР.

С 1968 г. в ЗабКНИИ Мингео СССР интенсивно развивалось важнейшее направление в минералогии – типоморфизм минеральных тел. Долговременная программа исследований в этом направлении, разработанная членами Общества (Г.А. Юргенсон, О.И. Широкий, Г.Т. Тумуров, В.Е. Тупяков и др.) и прошедшая рецензирование в ИГЕМ АН СССР (проф. Н.В. Петровская), ВИМСе Мингео СССР (проф. А.И. Гинзбург), позволила разработать новое научно-прикладное направление «Типоморфизм жильного кварца как основа для разработки минералого-геохимических критериев рудно-формационного анализа и рудоносности». Исследования в этом направлении проводились в ЗабКНИИ по программам и темам, утвержденным Министерством геологии СССР на протяжении 20 лет вплоть до уничтожения геологической отрасли. В результате были разработаны методические приемы прогноза, поисков и оценки малоглубинных [Юргенсон, 1988] и среднеглубинных [Юргенсон, Юргенсон, 1991] месторождений золота, утвержденных Министерством геологии СССР. Члены Общества, сотрудники отдела золота (В.Г. Дзасохов, Ю.Г. Невзоров, А.М. Стрелов, В.Е. Тупяков, В.Г. Хомич) изучали месторождения золота и разрабатывали основы его минерогенеза. Всестороннее изучение сульфидов с целью исполь-

зования их типоморфизма для прогноза и оценки уровня эрозионного среза эксплуатируемых, разведываемых и вновь открываемых рудных месторождений проводилось лабораторией физики минералов (В.А. Фаворов, В.А. Суматохин, П.М. Аносов, В.Д. Пантаев и др.) под руководством В.И. Красникова [Красников, Фаворов, Суматохин, 1983].

В лаборатории минералогии ЗабКНИИ интенсивно развивались методы изучения термолюминесценции минералов. Достигнутые результаты в 1974 г. позволили членам ВМО Г.А. Юргенсону и А.А. Козаченко выступить с инициативой проведения в Ленинградском горном институте Всероссийского семинара по термолюминесценции, которая была одобрена. В результате в рамках ВМО проведено обсуждение проблемы и определены основные направления в развитии метода для практики изучения минералов. А.А. Козаченко удалось осуществить идею создания спектрофотометра записи спектра термолюминесценции во времени, и первый такой спектр был получен для порошковой пробы флюорита. Макет прибора для доработки передали на завод «Геологоразведка» в Ленинграде, но он не был доведен до промышленного образца.

В сентябре 1978 г. В.И. Красников, В.А. Фаворов, А.И. Трубачев, Г.А. Юргенсон приняли участие в работе XI съезда ММА в Новосибирске. С докладом «Минералогия продуктивных минеральных комплексов пегматитов с драгоценными камнями Нуристана (Демократическая республика Афганистан)» выступил Г.А. Юргенсон, приехавший из Афганистана [Гируволь, Алхазов, Юргенсон, 1980].

В связи с отъездом Г.А. Юргенсона в командировку в Афганистан с февраля 1977 по май 1980 г. обязанности председателя Читинского отделения ВМО исполнял тогда еще канд. геол.-минерал. наук А.И. Трубачев, перешедший в Читинский политехнический институт. Здесь под руководством д-р геол.-минерал. наук профессора Л.Ф. Наркелюна членами ВМО Ю.И. Зиновьевым, В.С. Салиховым, А.И. Трубачевым продолжалось интенсивное изучение месторождений медистых песчаников и сланцев в пределах Кодаро-Удоканской зоны, по южному обрамлению Сибирской платформы, а затем в других регионах Советского Союза и сопоставлялись с таковыми, установленными в дру-

гих районах мира. В составе руд стратиформных медных месторождений выявлено 70 первичных и более 50 вторичных (гипергенных) минералов, свидетельствующие о том, что руды этих месторождений являются весьма сложными (комплексными), в которых по парагенетическим ассоциациям выделены: борнит-халькозиновые, борнит-халькозин-халькопиритовые, борнит-алькопиритовые, медно-самородно-халькозиновые, борнит-халькопирит-теннантитовые, халькопирит-пиритовые, халькопирит-пирротитовые минеральные типы, а по ведущим металлам: медные, медно-свинцово-цинковые, кобальт-серебряно-медные, медно-ванадиево-урановые типы руд.

В размещении главных рудообразующих минералов (халькозин, борнит, халькопирит, пирит) установлены первичная (региональная и локальная) и вторичная зональность.

В составе медных руд выявлено свыше 40 элементов-примесей с различной частотой встречаемости (в %): Ag, Pb, Zn – 62–60; Co – 50; Ni – 44, Au – 38; As, V, Bi, U – 21–15; Mn, Ga, Cd, Se, Ge, Sb, Sc, Re, Pt, Hg, Ti – 12–6; TR, Cr, Tl, Zr, Pd, In, Sr, F, P, Sn, W, Te, Ta, Nb – 5–1; содержания их превышают кларки в несколько раз. Установлены основные закономерности распределения повышенных содержаний элементов в рудах – приуроченность их к определенным минеральным зонам: в халькозиновой – Ag, Au, Hg; борнитовой – Bi, As, Sb, Re; халькопиритовой – Zn, Cd, Hg, In, Ga, Co; пиритовой – Se, Te, Ni, Co, Mo, Pb. Основные результаты исследований отражены в многочисленных статьях и монографии [Наркелюн и др., 1977].

Новая активизация деятельности Читинского отделения началась в конце 1982 г., когда в его ряды после проведенной организационной работы вошла группа геологов (Н.А. Криволицкая (1982), Б.И. Гонгальский (1983), Л.Н. Скорняков (1983), Ф.М. Ступак (1983)) из организованного на базе академического ЗабНИИ нового академического Читинского института природных ресурсов СО АН СССР во главе с чл.-корр. АН Ф.П. Кренделевым, состоявшим в Обществе с 1959 г. В 1982–1983 гг. действительными членами ВМО стали сотрудники ЗабКНИИ Мингео СССР Б.Н. Абрамов (1983), В.И. Баумштейн (1983), Н.А. Вьюнова (1983), Т.Н. Дорганова (1983), В.Ю. Измestьев (1983), В.Г. Котельников (1983), В.А. Котельникова (1983), Н.И. Мищенко

(1983), А.М. Немеров (1983), Б.Н. Пермяков (1983), П.П. Петровский (1983), Е.А. Поздняк (1983), Н.М. Свирская (1983), В.И. Сизых (1967), перевелся из Иркутского госуниверситета, Т.Н. Юргенсон (1982). Группа членов ВМО в Читинском политехническом институте пополнилась Ю.С. Шевченко (1983) и Ю.И. Зиновьевым (1983).

В 1983 г. возобновились Чтения памяти академика А.Е. Ферсмана. Они были посвящены актуальной проблеме типоморфизма минералов. В работе мероприятия участвовало большое количество специалистов из Иркутска, Улан-Удэ, Новосибирска, Москвы, Читы и других городов страны. К началу работы мероприятия был выпущен сборник материалов «Типоморфизм минералов и его прикладное значение» [1983]. В результате обсуждения проблемы было определено, что в явлении типоморфизма следует выделять понятия типического и отличительного. Первое характеризуется свойствами минеральных тел, присущими какой-либо их группе, а второе – признаками, отличающими ее от всех других. Только при наличии того и другого можно считать признак типоморфным [Юргенсон, 1983] для использования его в качестве определенного количественного критерия прогноза, поисков и оценки оруденения. В результате был дан новый импульс для развития исследований типоморфизма минеральных тел с целью использования его в практике геологоразведочных работ. Одними из важных результатов изучения типоморфизма минералов стали обобщение по типоморфизму жильного кварца [Юргенсон, 1984], создание способа поисков и разведки близповерхностных месторождений золота и серебра и соответствующих методических рекомендаций поисков [Юргенсон, 1988], утвержденных Мингео СССР. В это же время члены Общества (В.Г. Котельников, В.И. Красников, В.А. Фаворов, В.А. Суматохин, П.М. Аносов, В.Д. Пантаев и др.) продолжают изучение зональности в распределении рудных минералов с определенными типами проводимости. Одним из важных достижений этих лет был выход в свет монографии Б.Н. Гонгальского и Н.А. Криволицкой о петрографии, петрологии и рудоносности Чинейского расслоенного плутона [Гонгальский, Криволицкая, 1993].

В 1995 г. в связи со 100-летием со дня рождения акад. С.С. Смирнова в Чите Читинским отделением РМО совместно с ЧИПР СО РАН и Читанедра проведены Всесоюзные чтения памяти акад. С.С. Смирнова. Выпущен сборник статей [Проблемы... 1996]. Были рассмотрены проблемы глобальной тектоники литосферных плит на примере Центрально-Азиатского подвижного пояса (Э.Г. Дистанов, А.А. Оболенский, В.И. Сотников, Новосибирск), рудные пояса Забайкалья (М.Д. Скурский, Чита), основные принципы геохимической типизации рудно-магматических систем (Л.Д. Зорина, Иркутск), новая концепция образования рудоносных кварцевых жил из водно-силикатных растворов-расплавов, обогащенных рудными, щелочными и летучими элементами (Г.А. Юргенсон, Чита), новые данные о технологических типах руд и рудной зональности рудоносных гранитов Спокойнинского месторождения (А.М. Гребенников, Чита), обосновано новое направление в минералогии – криоминералогенез (Г.А. Юргенсон, Чита), а также перспективы расширения минерально-сырьевой базы алюмо-калиевого сырья (А.О. Шаракшинов, Улан-Удэ) и др. Кроме того, впервые выпущены описания важнейших рудных месторождений Забайкалья в двух книгах под редакцией акад. Н.П. Лаверова.

В 1995–2012 гг. Читинское отделение РМО (д-р геол.-минерал. наук В.С. Салихов, д-р геол.-минерал. наук А.И. Трубачев, д-р геол.-минерал. наук Г.А. Юргенсон) с участием специалистов Читагеолкома (действительный член ВМО-РМО канд. геол.-минерал. наук В.С. Четкин, Н.Н. Чабан, д-р геол.-минерал. наук Ю.В. Павленко и др.) и администрации Читинской области (канд. геол.-минерал. наук А.Н. Тарабарко) периодичностью раз в 2 года проводят серию международных симпозиумов «Проблемы геологической и минерагенической корреляции в сопредельных территориях России, Китая и Монголии» в этих странах поочередно. Материалы издаются в виде сборников на русском, английском и китайском языках. Ответственный редактор всех российских выпусков – д-р геол.-минерал. наук Г.А. Юргенсон [Проблемы... 2005]. В 2005 г. это мероприятие проводилось одновременно с Чтениями памяти акад. С.С. Смирнова, посвященными его 110-летию.

В 1998 г. директором ЧИПР СО РАН, впоследствии переименованным в ИПРЭК СО РАН, становится действительный член РМО д-р геол.-минерал. наук А.Б. Птицын, направивший научную деятельность института в широкое русло комплексных проблем устойчивого развития геосистем в Забайкалье. Наряду с другими успешно развиваются два минералогеохимических направления: криогеохимия и криоминералогенез, а также ландшафтно-геохимические, в том числе биогеохимические, исследования в пределах исторических горно-промышленных территорий. В этих направлениях происходит переподготовка выпускников Читинских вузов с целью привлечения их в аспирантуру геологического профиля. Одновременно ведется работа по вовлечению молодых специалистов в состав Общества.

Приток молодых кадров осуществлялся из ЗабГПУ и ЗабГУ благодаря тому, что геологические дисциплины в них читались профессорами А.Б. Птицыным и Г.А. Юргенсоном, имелась возможность отбирать для подготовки к научной работе в ИПРЭК СО РАН наиболее способных студентов, которые привлекались к полевым работам. Немаловажную роль в привлечении молодежи в науку сыграла и созданная в 2001 г. лаборатория минералогии и геохимии ландшафта ЗабГПУ–ЗабГУ.

Первым итогом такого взаимодействия высшей школы и науки стало увеличение числа принятых аспирантов в ИПРЭК СО РАН на специальности по наукам о Земле. В 2005 г. аспирантка А.Г. Горячкина (руководитель проф. Г.А. Юргенсон) защитила кандидатскую диссертацию, посвященную камнесамоцветному сырью Шерловогорского месторождения. В результате изучения цветовых разностей ювелирных кристаллов берилла Шерловой Горы получены новые данные о зональности и валовом их составе, что позволило уточнить представления о концентрациях и распределении элементов-примесей в них [Горячкина, 2005].

В диссертационной работе М.А. Солодухиной, выполненной под руководством Г.А. Юргенсона, впервые дана сводка о геохимии мышьяка в ландшафтах Шерловогорского рудного района [Солодухина, 2012]. Впоследствии эти материалы легли в основу вышедшей в свет в 2018 г. монографии [Солодухина, Юргенсон, 2018], в которой раскрыты основные

формы и закономерности пространственного распределения мышьяка в почвах Шерловогорского рудного района, показаны особенности поведения мышьяка в зоне гипергенеза, описан комплекс минералов класса арсенатов, рассмотрены различия в поведении мышьяка и свинца в мышьяково-полиметаллических минеральных ассоциациях.

Аспирант О.С. Русаль с 2009 г. изучает современное минералообразование в карьере Шерловогорского оловополиметаллического месторождения. Впервые описана новая находка редкого и неустойчивого во влажных погодных условиях сульфата цинка – ганнингита, содержащего, в отличие от впервые описанного в Канаде, до 5,22% железа [Юргенсон, Русаль, 2014]. Анализ литературных данных и результатов изучения Шерловогорского ганнингита свидетельствует о том, что он является одной из минеральных форм нахождения цинка в геотехногенном ландшафте, и вместе с ним из водных потоков, дренирующих техногенные массивы, могут извлекаться в твердую фазу железо, марганец, магний, медь, а также наиболее токсичный кадмий.

В диссертации Е.С. Эповой, выполненной под руководством А.Б. Птицына, на основе экспериментальных данных рассмотрены геоэкологические аспекты поведения химических элементов в условиях криогенной зоны окисления на примере Удоканского месторождения. Сделан вывод о том, что освоение Удоканского месторождения приведет к формированию сульфидсодержащих отвалов горных пород с последующим образованием кислых дренажных вод, содержащих значительные концентрации рудных компонентов, что негативно скажется на состоянии геосистемы [Эпова, 2014].

Существенный вклад в изучение Доронинского содового озера внесла Н.В. Серебренникова. Получены новые данные по литологическому и минеральному составу осадков Доронинского содового озера, а также впервые для региона приводятся результаты минералогических исследований кристаллов гейлюссита, найденных в иловых отложениях Доронинского содового озера [Serebrennikova, Yurgenson, 2010; Юргенсон, Серебренникова, Котова, 2011]. Вопросами миграции ртути в донных отложениях содовых озер Зун-Торей и Барун-Торей (юго-восток Забайкалья) занималась Е.Ю. Цы-

ганская. Исследования показали, что для осадков Торейских озер отмечается накопление ртути с превышением кларка в среднем в 74,1 раза, причем максимальные ее концентрации характерны для прибрежных осадков их надпойменных террас, которые являются подошвами вышележащего берегового вала [Цыганская, Юргенсон, Флешлер, 2006].

Р.А. Филенко обнаружены минеральные виды, ранее не известные на изучаемых объектах. В пределах Каменско-Черновского пегматитового поля были впервые выявлены и описаны турмалин и флюорит [Филенко, 2012], изучен состав редкой цинковой шпинели – ганита [Филенко, Юргенсон, 2006]. Предложено вычленение этой территории в качестве минералогического парка с выделением отдельного уникального геологического памятника – Каменско-Черновского месторождения мусковита [Филенко, Юргенсон, 2008]. В окисленных рудах Бом-Горхонского месторождения впервые выявлены уиллоксит и сера [Филенко, Смирнова, Юргенсон, 2016], на Шерловой Горе – буланжерит, адамин и клиноклаз [Yurgenson, Konofov, 2014]. В районе подземных пожаров на Черновском бурогольном месторождении впервые в России был найден водный алюмофторид – розенбергит (четвертая находка в мире). Там же впервые для Восточного Забайкалья определены чермигит, алуноген, гдовиковит, масканьит [Филенко, 2014].

Молодые члены РМО осваивают новые научные методы и приборы, активно занимаются популяризацией науки среди школьников и студентов, проводят лекции, экскурсии, публикуются в СМИ, организуют молодежные научные конференции и конкурсы, руководят и консультируют первые научные исследования школьников. Все это способствует будущей профориентации молодежи в направлении наук о Земле в целом и минералогии в частности.

Группа членов РМО, функционирующая в Забайкальском государственном университете, в 1980-е гг. продолжала изучение медистых песчаников. В результате выпущен целый ряд монографий [Наркелюн, Салихов, Трубачев, 1983; Наркелюн и др., 1984; Наркелюн и др., 1990; Трубачев, 2009, 2018; Трубачев, Салихов, Васильев, 2014]. Совместно с членами РМО из ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ и Читагеолкома подготовлена и опубликована монография, в которой

дано описание Удоканского и Катугинского месторождений [Володин и др., 2004].

В.С. Салихов показал, что процесс стратиформного меденакопления является весьма сложным и многообразным, в котором участвуют эндогенные и экзогенные факторы. Стратиформное оруденение является заключительной частью единого эволюционно развивающегося рудно-магматического процесса, а крупные и уникальные месторождения возникают только в эпохи геологических катастроф и многократно в геологической истории не могут воспроизводиться [Салихов, 2008]. Применительно к крупным и уникальным стратиформным месторождениям им предложена рифтогенно-флюидная гипотеза.

Л.Ф. Наркелюн, А.И. Трубачев, В.С. Салихов, Ю.И. Зиновьев в 1996 г. выполнили обобщение по месторождениям и проявлениям облицовочных камней Восточного Забайкалья [Наркелюн, Трубачев, 1996; Трубачев, Гудзь, 2010] и написали соответствующее учебное пособие [Наркелюн, Трубачев, Яшкин, 1997]. Сводка по ювелирным, поделочным и декоративно-облицовочным камням Забайкалья [Читинская область и Республика Бурятия] в 1996 г. была также завершена Г.А. Юргенсоном и соавт. в рамках госзадания Роскомнедра РФ в виде 7-томного отчета с приложением карты масштаба 1: 1 000 000.

В 2000-х в ЗабГУ группа членов РМО (Л.Ф. Наркелюн, А.И. Трубачев, А.Н. Хатькова, Ю.С. Шевченко, Д.М. Манзырев) выполнила исследования по геолого-технологической оценке природного и техногенного минерального сырья, геолого-технологическому картированию и технологической минералогии месторождений Забайкалья. Результаты этих исследований опубликованы в монографии Л.Ф. Наркелюна [2003]. А.Н. Хатькова, нынешний член Комиссии по технологической минералогии РМО, детально изучала цеолитовое сырье Восточного Забайкалья с целью минералогическо-технологической его оценки, выбора методов и процессов переработки и основных направлений их практического использования [Хатькова, 2006]. Выполнены исследования обогатимости удоканских руд. Оказалось, что существенное влияние на их обогащение накладывает окисленность [Наркелюн и др., 1987], а именно их сульфатная часть, сформированная в

условиях отрицательных температур [Юргенсон, 1996], которая оказывает существенное влияние на обогатимость окисленных сульфатных руд [Фатьянов, Юргенсон, Глотова, 2000].

Геолого-технологическая оценка и новые геотехнологии освоения природного и техногенного сырья Восточного Забайкалья разработаны сотрудниками ЗабГУ и Читинского филиала Института горного дела СО РАН (А.Г. Секисов – руководитель, А.И. Трубачев, В.С. Салихов, А.Ю. Лавров, Д.В. Манзырев,

В.С. Чечеткин, Ю.И. Рубцов, Ю.С. Шевченко, Т.Г. Конарева). Результаты этих исследований приведены в монографиях [Секисов и др., 2011; Секисов, Зыков, Королев, 2012; Секисов, Манзырев, 2009].

В настоящее время члены Читинского отделения РМО работают в ИПРЭК СО РАН и Забайкальском государственном университете. Научное содружество этих организаций способствует и будет способствовать его дальнейшей жизни в сложных условиях современности.

Литература

Володин Р.Н., Наркелюн Л.Ф., Чечеткин В.С., Трубачев А.И., Быков Ю.В., Скурский М.Д., Архангельская В.В. Удоканское медное и Катугинское редкометаллическое месторождения Читинской области в России. Чита : Поиск, 2004. 522 с.

Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / под ред. Г.А. Юргенсона. Новосибирск : Наука, 1999. 574 с.

Гируволь М.Т., Алхазов В.Ю., Юргенсон Г.А. Минералогия продуктивных минеральных комплексов пегматитов с драгоценными камнями Нуристана (Демократическая республика Афганистан) // Самоцветы : материалы XI съезда ММА. Л. : Наука, 1980. С. 63–70.

Гонгальский Б.И., Криволуцкая Н.А. Чинейский расслоенный плутон. Новосибирск : Наука, 1993. 184 с.

Горячкина А.Г. Камнесамоцветное сырье Шерловогорского месторождения : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Чита, 2005. 18 с.

Докторович-Гребницкий С.А. Отчет об исследовании месторождений плавикового шпата в Забайкальской области. Пг., 1916. 21 с.

Докторович-Гребницкий С.А. Вольфрамовые месторождения Кукульбея. Пг., 1921. 138 с.

Красников В.И., Фаворов В.А., Суматохин В.А. Методические рекомендации по использованию электрических свойств рудных минералов для изучения и оценки эндогенных месторождений. Л., 1983. 91 с.

Наркелюн Л.Ф. Геолого-технологическая оценка минерального сырья. Чита : ЧитГУ, 2003. 366 с.

Наркелюн Л.Ф., Салихов В.С., Трубачев А.И. Медистые песчаники и сланцы мира. М. : Недра, 1983. 414 с.

Наркелюн Л.Ф., Трубачев А.И. Восточно-Забайкальская провинция облицовочных камней // Горный журнал. 1996. № 9–10. С. 5–9.

Наркелюн Л.Ф., Трубачев А.И., Чечеткин В.С., Зиновьев Ю.И., Федотова В.М. Удокан: природные ресурсы и их освоение. Новосибирск : Наука, 1984. 176 с.

Наркелюн Л.Ф., Трубачев А.И., Салихов В.С., Богданов Ю.В. Справочное пособие по стратиформным месторождениям. М. : Недра, 1990. 391 с.

Наркелюн Л.Ф., Трубачев А.И., Яшкин А.З. Облицовочные камни Восточного Забайкалья: геология и технология добычи. Чита : ЧитГТУ, 1997. 131 с.

Наркелюн Л.Ф., Безродных Ю.П., Трубачев А.И., Салихов В.С. Медистые песчаники и сланцы южной части Сибирской платформы. М. : Недра, 1977. 223 с.

Ненадкевич К.А. Очерк исследований висмутовых руд Забайкалья. Чита, 1922. С. 9–18.

Озерский А.Д. Очерк геологии минеральных богатств и горного промысла Забайкалья. СПб., 1867. 90 с.

Наркелюн Л.Ф., Трубачев А.И., Салихов В.С. и др. Окисленные руды Удокана. Новосибирск : Наука, 1987. 101 с.

Проблемы геологической и минерагенической корреляции в сопредельных территориях России, Китая и Монголии // Труды международного симпозиума по геологической и минерагенической корреляции в сопредельных территориях России, Китая и Монголии и Чтений памяти акад. С.С. Смирнова / отв. ред. Г.А. Юргенсон. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2005. 246 с.

Проблемы рудообразования, поисков и оценки минерального сырья // Материалы Всесоюзной конференции, посвященной 100-летию акад. С.С. Смирнова / отв. ред. Г.А. Юргенсон. Новосибирск : СО РАН, 1996. 216 с.

Салихов В.С. Условия образования и структурно-вещественные особенности стратиформного медного оруденения. Чита : ЧитГУ, 2008. 377 с.

Секисов А.Г., Зыков Н.В., Королев В.С. Дисперсное золото: геологический и технологический аспекты. М. : Горная книга, 2012. 224 с.

Секисов А.Г., Манзырев Д.В. Наноразмерные структуры в воде и минералах. Чита : ЧитГУ, 2009. 228 с.

Секисов А.Г., Трубачев А.И., Салихов В.С., Лавров А.Ю., Манзырев Д.В., Шевченко Ю.С. Геолого-технологическая оценка и новые геотехнологии освоения природного и техногенного золотосодержащего сырья Восточного Забайкалья. Чита : ЗабГУ, 2011. 312 с.

Соловьев С.П. Всесоюзное минералогическое общество и его роль в развитии геологических наук. Л. : Наука, 1967. 232 с.

Соловьев С.П., Доливо-Добровольский В.В. История Всесоюзного минералогического общества и его роль в развитии геологических наук. СПб. : Наука, 1992. 334 с.

Солодухина М.А. Мышьяк в компонентах ландшафтов Шерловогорского рудного района : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2012. 19 с.

Солодухина М.А., Юргенсон Г.А. Мышьяк в ландшафтах Шерловогорского рудного районе (Восточное Забайкалье). Чита : ЗабГУ, 2018. 176 с.

Сушинский П.П. Предварительный отчет о поездке в Забайкалье для изучения цветных камней и вольфрамита // Труды геологического и минералогического музея Академии наук. 1915. Т. 1. С. 17–41.

Сушинский П.П. Заметка о геологическом строении и минералогии Шерловой горы в Забайкальской области // Известия Академии наук. Пг., 1917. Т. 11, № 8. 512 с.

Сушинский П.П. Очерк месторождений цветных камней Юго-Восточного Забайкалья // Труды Института прикладной минералогии и петрографии. 1925. Вып. 16. 88 с.

Тетяев М.М. Вольфрамовые и оловянные месторождения Онон-Борзинского района Забайкальской области. Материалы по общей и прикладной геологии. Пг., 1918. Вып. 32. 128 с.

Типоморфизм минералов и его прикладное значение / под ред. Г.А. Юргенсона. Чита : Чит. отд-е ВМО АН СССР, 1983. 140 с.

Трубачев А.И. Стратиформные медные месторождения Заир-Замбийского пояса. Чита : ЗабГУ, 2018. 150 с.

Трубачев А.И. Формационно-парагенетический анализ медистых песчаников и сланцев, закономерности их размещения и генезис. Чита : ЧитГУ, 2009. 346 с.

Трубачев А.И., Гудзь М.М. Восточно-Забайкальская провинция месторождений карбонатного сырья // Известия вузов. Геология и разведка. 2010. № 1. С. 41–46.

Трубачев А.И., Салихов В.С., Васильев В.Г. Стратиформные месторождения Забайкалья. Чита : ЗабГУ, 2014. 305 с.

Фатьянов В.А., Юргенсон Г.А., Глотова Е.В. Влияние особенностей минерального состава и условий образования окисленных медных руд Удоканского месторождения на технологию их обогащения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2000. № 2. С. 104–112.

Филенко Р.А. Первая находка флюорита и турмалина в пегматитовых жилах Каменско-Черновского поля // XII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и преподавателей среднего профессионального образования. Чита : ЗабГК, 2012. 49 с.

Филенко Р.А. Современное минералообразование в фумарольной зоне подземных пожаров на Черновском бурогольном месторождении // Минералогия техногенеза. 2014. Миасс : ИМинУрО РАН, 2014. С. 232–238.

Филенко Р.А., Смирнова О.К., Юргенсон Г.А. Новые данные о гипергенных минералах Бом-Горхонского месторождения // Эволюция биосферы и техногенез : материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Чита, 2016. С. 404–408.

Филенко Р.А., Юргенсон Г.А. Каменско-Черновское пегматитовое поле как минералогический музей под открытым небом // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование : Тр. II Всерос. симп. с междунар. участием и VIII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана. Чита, 2008. С. 158–161.

Филенко Р.А., Юргенсон Г.А. Новые данные о минералах Каменско-Черновского месторождения мусковита // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы геосферных исследований : материалы науч. конф. Чита : ЗабГГПУ, 2006. С. 120–121.

Хатькова А.Н. Минералого-технологическая оценка цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья. Чита : ЧитГУ, 2006. 243 с.

Цыганская Е.Ю., Юргенсон Г.А., Флешлер В.И. Ртуть в донных отложениях содовых озер Зун-Торей и Барун-Торей (юго-восток Забайкалья) // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование : Тр. I Всерос. симп. с междунар. участием и VII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана. Чита, 2006. С. 102–105.

Эпова Е.С. Геоэкологические аспекты поведения химических элементов в условиях криогенной зоны окисления на примере Удоканского месторождения (Восточное Забайкалье) : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2014. 20 с.

Юргенсон Г.А. Предисловие // Типоморфизм минералов и его прикладное значение. Чита : Чит. отд-е ВМО АН СССР, 1983. С. 3–6.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. М. : Недра, 1984. 149 с.

Юргенсон Г.А. Методические рекомендации по использованию типоморфизма халцедоновидного жильного кварца при поисках и оценке месторождений малоглубинной золото-серебряной формации. Чита : Москва, 1988. 44 с.

Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н. Минералого-геохимическая методика определения рудно-формационной принадлежности и оценки эрозионного среза среднеглубинных месторождений золота. М. : Мингео СССР, 1991. 91 с.

Юргенсон Г.А. Особенности минералогии и формирования зоны окисления в условиях многолетнемерзлых пород // Проблемы рудообразования, поисков и оценки минерального сырья / отв. ред. Г.А. Юргенсон. Новосибирск : СО РАН, 1996. С. 127–160.

Юргенсон Г.А., Серебренникова Н.В., Котова Е.Н. Гейлюссит Доронинского содового озера, Восточное Забайкалье, Россия // Литосфера. 2011. № 2. С. 128–134.

Юргенсон Г.А., Русаль О.С. Железистый ганнингит как продукт современного минералообразования в карьере Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения (Юго-Восточное Забайкалье) // Литосфера. 2014. № 5. С. 129–135.

Serebrennikova N.V., Yurgenson G.A. Composition and formation conditions of sediments in the Doroninskoe soda lake (Eastern Transbaikalia) // Lithology and Mineral Resources. 2010. V. 45, № 5. P. 486–494.

Yurgenson G.A., Kononov O.V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // Famous Mineral Localities of Russia: Sherlova Gora // Mineralogical Almanac. Ltd. Lakewood. CO80227. USA. 2014. V. 19 (2). P. 12–93.

Авторы:

Юргенсон Георгий Александрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, лаборатория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, профессор, Забайкальский государственный университет г. Чита, Россия.

E-mail: yurgga@mail.ru

Трубачев Алексей Иванович, профессор, доктор геолого-минералогических наук, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия.

E-mail: geoxxi@mail.ru

Филенко Роман Андреевич, младший научный сотрудник, лаборатория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия.

E-mail: filrom@yandex.ru

Geosphere Research, 2018, 4, 7–20. DOI: 10.17223/25421379/9/2

G.A. Yurgenson^{1,2}, A.I. Trubachev², R.A. Filenko¹

¹*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

²*Transbaikalian State University, Chita, Russia*

TO THE HISTORY OF MINERALOGICAL STUDIES IN TRANSBAIKALIA

The Russian (All-Union, All-Russian) Mineralogical Society (RMO) has more than two centuries of history. It was created by Russian amateurs and researchers of the stone on January 17, 1817. According to the Order of Mining, from the end of the 17th century, mining began to develop in Transbaikalia, and the Nerchinsk mining district was created to manage it, where the mineral composition of polymetallic ores was studied in the first decade of the 18th century. In Soviet times, well-known geological scientists and members of the Mineralogical Society worked on the territory of Transbaikalia: A.E. Fersman, S.S. Smirnov, O.D. Levitsky, A.K. Boldyrev, and others. The contribution of the Mineralogical Society to the study of the country's mineral resource base during the period of its industrialization and during the Great Patriotic War was noted by the USSR Council of Ministers. The Chita branch of the Russian Mineralogical Society was established in 1968. Mineralogical studies in it were conducted by B.V. Chesnokov, A.V. Sidorov, A.D. Sergeev, G.A. Yurgenson, as well as V.K. Borovkov, V.V. Bukanov, M.Z. Cantor, L.F. Narkelyun, A.I. Trubachev, V.G. Dzassokhov, Yu.G. Nevzorov, A.M. Strelov, V.E. Tupyakov, V.G. Khomich and many others. Over the 50 years of the mineralogical society, it has done a great job of studying minerageny, the geology of mineral deposits and mineralogy. Works on the study of timorphism of minerals and the development on this basis of methods for prospecting and ore-bearing prediction have been carried out. In the 21st century, one of the important activities of its members was the study of geochemistry, including the biogeochemistry of geosystems. A new scientific direction is being developed mineralogy and landscape geochemistry. The All-Russian Symposium "Mineralogy and Geochemistry of the Landscape of Mining Areas" and the Acad. A.E. Fersman. Young members of the RMO are mastering new scientific methods and devices that are actively involved in the popularization of science among schoolchildren and students. They hold lectures, excursions, are published in the media, organizing youth scientific conferences and competitions, lead and advise the first scientific studies of schoolchildren. All this contributes to the future career guidance of young people in the direction of earth sciences. At present, members of the Chita branch of the RMO work at the IPREK SB RAS and Trans-Baikal State University. They actively publish monographs and publish their articles in scientific Russian and foreign journals. The scientific community of these organizations contributes to and will contribute to its further life in the difficult conditions of modernity.

Keywords: Transbaikalia, Russian Mineralogical Society, Chita Branch, geological science.

References

Volodin R.N., Narkelyun L.F., Chechetkin V.S., Trubachev A.I., Bykov Yu.V., Skursky M.D., Arkhangelskaya V.V. *Udokanskoe mednoe i Katuginskoe redkometall'noe mestorozhdeniya Chitinskoj oblasti v Rossii* [Udokan copper and Katugin rare metal deposits of the Chita region in Russia]. Chita: Poisk, 2004. 522 p. In Russian

Geologicheskie issledovaniya i gorno-promyshlennyy kompleks Zabajkal'ya [Geological research and mining complex of Transbaikalia / ed. by G.A. Yurgenson]. Novosibirsk: Nauka, 1999. 574 p. In Russian

Giruvol M.T., Alkhazov V.Yu., Yurgenson G.A. *Mineralogiya produktivnykh mineral'nykh kompleksov pegmatitov s dragocennymi kamnyami Nuristana (Demokraticeskaya respublika Afganistan)* [Mineralogy of productive pegmatite mineral complexes with Nuristan gems (Democratic Republic of Afghanistan)] // Samocvety: materialy XI s"ezda MMA. Leningrad: Nauka, 1980. pp. 63–70. In Russian

Gongalsky B.I., Krivolutsкая N.A. *Chinejskij rassloennyj massiv (pluton)* [China stratified Pluto]. Novosibirsk: Nauka, 1993. 184 p. In Russian

Goryachkina A.G. *Kamnesamocvetnoe syr'e Sherlovogorskogo mestorozhdeniya* [Gemstone raw materials of Sherlovogorsk field]. Avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. Chita, 2005. 18 p. In Russian

Doktorovich-Grebnitsky S.A. *Otchet ob issledovanii mestorozhdenij plavikovogo shpata v Zabajkal'skoj oblasti* [Report on the study of fluor spar deposits in the Trans-Baikal region]. Petrograd, 1916. 21 p. In Russian

Doktorovich-Grebnitsky S.A. *Vol'framovye mestorozhdeniya Kukul'beya* [Kukulbey tungsten deposits]. Petrograd, 1921. 138 p. In Russian

Krasnikov V.I., Favorov V.A., Sumatokhin V.A. *Metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniyu ehlektricheskikh svoystv rudnykh mineralov dlya izucheniya i ocenki ehndogennykh mestorozhdenij* [Guidelines for the use of electrical properties of ore minerals for the study and evaluation of endogenous deposits]. Leningrad, 1983. 91 p. In Russian

Narkelyun L.F. *Geologo-tehnologicheskaya ocenka mineral'nogo syr'ya* [Geological and technological evaluation of mineral raw materials]. Chita: ChitGU, 2003. 366 p. In Russian

Narkelyun L.F., Bezrodnyh Yu.P., Trubachev A.I., Salikhov V.S. *Medistye peschaniki i slancy yuzhnoj chasti Sibirskoy platformy* [Copper sandstones and slates of the southern part of the Siberian platform]. Moscow : Nedra, 1977. 223 p. In Russian

Narkelyun L.F., Salikhov V.S., Trubachev A.I. *Medistye peschaniki i slancy mira* [Copper sandstones and slates of the world]. Moscow: Nedra, 1983. 414 p. In Russian

Narkelyun L.F., Trubachev A.I. *Vostochno-Zabajkal'skaya provinciya oblicovochnykh kamnej* [East Transbaikalian province facing stones] // Gornyj zhurnal, № 9–10. 1996. pp. 5–9. In Russian

Narkelyun L.F., Trubachev A.I., Salikhov V.S., Bogdanov Yu.V. *Spravocnoe posobie po stratiformnym mestorozhdeniyam* [Reference manual for stratiform deposits]. Moscow : Nedra, 1990. 391 p. In Russian

Narkelyun L.F., Trubachev A.I., Chechetkin V.S., Zinoviev Yu.I., Fedotova V.M. *Udokan: prirodnye resursy i ih osvoenie* [Udokan: natural resources and their development]. Novosibirsk: Nauka. 1984. 176 p. In Russian

Narkelyun L.F., Trubachev A.I., Yashkin A.Z. *Oblicovochnye kamni Vostochnogo Zabajkal'ya: geologiya i tekhnologiya dobychi* [Facing stones of Eastern Transbaikalia: geology and mining technology]. Chita: ChitGTU, 1997. 131 p. In Russian

Nenadkevich K.A. *Ocherk issledovaniy vismutovykh rud Zabajkal'ya*. [Essay on studies of bismuth ores of Transbaikalia]. Chita, 1922. p. 9–18. In Russian

Ozersky A.D. *Ocherk geologii mineral'nykh bogatstv i gornogo promysla Zabajkal'ya* [Essay on the geology of mineral wealth and mining of Transbaikalia]. St.Petersburg, 1867. 90 p. In Russian

Narkelyun L.F., Trubachev A.I., Salikhov V.S. et al. *Okislennyye rudy Udokana* [Udokan oxidized ores]. Novosibirsk: Nauka, 1987. 101 p. In Russian

Problemy geologicheskoy i mineragenicheskoy korrelyacii v sopredel'nykh territoriyah Rossii, Kitaya i Mongolii [Problems of ore formation, prospecting and evaluation of mineral raw materials] // Trudy mezhdunar. simpoziuma po geologicheskoy i mineragenicheskoy korrelyacii v sopredel'nykh territoriyah Rossii, Kitaya i Mongolii i Chtenij pamyati akad. S.S. Smirnova /otv. red. G.A. Yurgenson. Ulan-Udeh: Izd-vo BNC SO RAN, 2005. 246 p. In Russian

Salikhov V.S. *Usloviya obrazovaniya i strukturno-veshchestvennye osobennosti stratiformnogo mednogo orudneniya* [Formation conditions and structural and material features of stratiform copper mineralization]. Chita: CHitGU, 2008. 377 p. In Russian

Sekisov A.G., Zykov N.V., Korolev V.S. *Dispersnoe zoloto: geologicheskij i tekhnologicheskij aspekty* [Dispersed gold: geological and technological aspects]. Moscow : Gornaya kniga. 2012. 224 p. In Russian

Sekisov A.G., Manzyrev D.V. *Nanorazmernyye struktury v vode i mineralah* [Nanoscale structures in water and minerals]. Chita: ChitGU, 2009. 228 p. In Russian

Sekisov A.G., Trubachev A.I., Salikhov V.S., Lavrov A.Yu., Manzyrev D.V., Shevchenko Yu.S. *Geologo-tehnologicheskaya ocenka i novyye geotekhnologii osvoeniya prirodnogo i tekhnogenno zolotosoderzhashchego syr'ya Vostochnogo Zabajkal'ya* [Geological and technological assessment and new geotechnologies for the development of natural and man-made gold-bearing raw materials in Eastern Transbaikalia]. Chita: ZabGU, 2011. 312 p. In Russian

Soloviev S.P. *Vsesoyuznoe mineralogicheskoe obshchestvo i ego rol' v razvitii geologicheskikh nauk* [All-Union Mineralogical Society and its role in the development of geological sciences]. Leningrad: Nauka, 1967. 232 p. In Russian

Soloviev S.P., Dolivo-Dobrovolsky V.V. *Istoriya Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva i ego rol' v razvitii geologicheskikh nauk* [History of the All-Union Mineralogical Society and its role in the development of geological sciences]. St. Petersburg: Nauka, 1992. 334 p. In Russian

Solodukhina M.A. *Mysh'yak v komponentah landshaftov Sherlovogorskogo rudnogo rajona* [Arsenic in components of landscapes of the Sherlovogorsky ore district]. Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Tomsk, 2012. 19 p. In Russian

Solodukhina M.A., Yurgenson G.A. *Mysh'yak v landshaftah Sherlovogorskogo rudnogo rajona (Vostochnoe Zabajkal'e)* [Arsenic in landscapes of the Sherlovogorsky ore region (Eastern Transbaikalia)]. Chita: ZabGU, 2018. 176 p. In Russian

Sushchinsky P.P. *Predvaritel'nyy otchet o poezdke v Zabajkal'e dlya izucheniya cvetnykh kamnej i vol'framita* [Preliminary report on a trip to Transbaikalia to study colored stones and wolframite] // Trudy geologicheskogo i mineralogicheskogo muzeya Akademii nauk. 1915. T. 1. pp. 17–41. In Russian

Sushchinsky P.P. *Zametka o geologicheskom stroenii i mineralogii Sherlovoj gory v Zabajkal'skoj oblasti* [A note on the geological structure and mineralogy of Sherlovaya Mountain in the Trans-Baikal region] // *Izvestiya Akademii Nauk. Petrograd*, 1917. T. 11. № 8. P. 512. In Russian

Sushchinsky P.P. *Ocherk mestorozhdenij cvetnyh kamnej Yugo-Vostochnogo Zabajkal'ya* [Sketch of deposits of colored stones of the South-Eastern Transbaikalia] // *Trudy instituta prikladnoj mineralogii i petrografii*. 1925. Vyp. 16. 88 p. In Russian

Tetyaev M.M. *Vol'framovye i olovyannye mestorozhdeniya Onon-Borzhinskogo rajona Zabajkal'skoj oblasti* [Tungsten and tin deposits of the Onon-Borzhinsky region of the Trans-Baikal region] // *Materialy po obshchej i prikladnoj geologii*. Petrograd, 1918. Vyp. 32. 128 p. In Russian

Tipomorfizm mineralov i ego prikladnoe znachenie [Typomorphism of minerals and its applied value] / pod red. G.A. Yurgensona. Chita: Chitinsk. otd. VMO AN SSSR, 1983. 140 p. In Russian

Trubachev A.I. *Stratiformnye mednye mestorozhdeniya Zair-Zambijskogo poyasa* [Stratiform Copper Deposits Zaire - Zambian Belt]. Chita: ZabGU, 2018. 150 p. In Russian

Trubachev A.I. *Formacionno-parageneticheskij analiz medistyh peschanikov i slancev, zakonmernosti ih razmeshcheniya i genezis* [Formation-paragenetic analysis of copper sandstones and shale, the patterns of their location and the genesis]. Chita: ChitGU, 2009. 346 p. In Russian

Trubachev A.I., Gudzh M.M. *Vostochno-Zabajkal'skaya provinciya mestorozhdenij karbonatnogo syr'ya* [East Transbaikalian province of carbonate deposits] // *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2010. № 1. pp. 41–46. In Russian

Trubachev A.I., Salikhov V.S., Vasilyev V.G. *Stratiformnye mestorozhdeniya Zabajkal'ya* [Transtiform deposits of Transbaikalia]. Chita: ZabGU, 2014. 305 p. In Russian

Fatyanov V.A., Yurgenson G.A., Glotova E.V. *Vliyaniye osobennostej mineral'nogo sostava i uslovij obrazovaniya oksislennyh mednyh rud Udokanskogo mestorozhdeniya na tekhnologiyu ih obogashcheniya* [The influence of the characteristics of the mineral composition and the conditions of formation of oxidized copper ores from the Udokan deposit on the technology of their enrichment] // *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh*. 2000. № 2. pp. 104–112. In Russian

Filenko R.A. *Pervaya nahodka flyuorita i turmalina v pegmatitovyh zhilah Kamensko-CHernovskogo polya* [The first discovery of fluorite and tourmaline in the pegmatite veins of Kamensko-Chernovsky field] // XII Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i prepodavatelej srednego professional'nogo obrazovaniya. Chita: ZabGK, 2012. 49 p. In Russian

Filenko R.A. *Sovremennoe mineraloobrazovanie v fumarol'noj zone podzemnyh pozharov na Chernovskom burougol'nom mestorozhdenii* [Modern mineral formation in the fumarole zone of underground fires at the Chernovsk brown coal deposit] // *Mineralogiya tekhnogeneza*. 2014. Miass : IMinUrO RAN, 2014. pp. 232–238. In Russian

Filenko R.A., Smirnova O.K., Yurgenson G.A. *Novye dannye o gipergennyh mineralah Bom-Gorkhonskogo mestorozhdeniya* [New data on hypogene minerals of the Bom-Gorkhonskoye field] // *Evoluciya biosfery i tekhnogeneza: materialy vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem*. Chita, 2016. pp. 404–408. In Russian

Filenko R.A., Yurgenson G.A. *Novye dannye o mineralah Kamensko-CHernovskogo mestorozhdeniya muskovita* [New data on minerals of the Kamensko-Chernovsky muscovite deposit] // *Prirodnye resursy Zabajkal'ya i problemy geosfernyh issledovanij: materialy nauch. konf.* Chita: ZabGGPU, 2006. pp. 120–121. In Russian

Filenko R.A., Yurgenson G.A. *Kamensko-CHernovskoe pegmatitovoe pole kak mineralogicheskij muzej pod otkrytym небом* [Kamensko-Chernovskoye pegmatite field as an open-air mineralogical museum] // *Mineralogiya i geohimiya landshafta gornorudnyh territorij. Sovremennoe mineraloobrazovanie: trudy II Vseros. simpoziuma s mezhdunar. uchastiem i VIII Vseros. chtenij pamyati akadem. A.E. Fersmana*. Chita, 2008. pp. 158–161. In Russian

Khatkova A.N. *Mineralogo-tekhnologicheskaya ocenka ceolitsoderzhashchih porod Vostochnogo Zabajkal'ya* [Mineralogical and technological assessment of zeolite-containing rocks of Eastern Transbaikalia]. Chita: ChitGU, 2006. 243 p. In Russian

Tsyganskaya E.Yu., Yurgenson G.A., Flesler V.I. *Rtut' v donnyh otlozheniyah sodovyh ozer Zun-Torej i Barun-Torej (yugo-vostok Zabajkal'ya)* [Mercury in bottom sediments of soda lakes Zun-Torey and Barun-Torey (southeast of Transbaikalia)] // *Mineralogiya i geohimiya landshafta gornorudnyh territorij. Sovremennoe mineraloobrazovanie: tr. I Vseros. simpoziuma s mezhdunar. uchastiem i VII Vseros. chtenij pamyati akadem. A.E. Fersmana*. Chita: 2006. pp. 102–105. In Russian

Epova E.S. *Geoekologicheskie aspekty povedeniya himicheskikh ehlementov v usloviyah kriogennoj zony okisleniya na primere Udokanskogo mestorozhdeniya (Vostochnoe Zabajkal'e)* [Geoecological aspects of the behavior of chemical elements in the conditions of a cryogenic oxidation zone using the example of the Udokan deposit (Eastern Transbaikalia)] // *Avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk.* Tomsk, 2014. 20 p. In Russian

Yurgenson G.A. *Predislovie* [Foreword] // *Tipomorfizm mineralov i ego prikladnoe znachenie*. Chita: Chitinsk. otd. VMO AN SSSR, 1983. pp. 3–6. In Russian

Yurgenson G.A. *Tipomorfizm i rudonosnost' zhil'nogo kvarca* [Typomorphism and ore content of vein quartz]. Moscow : Nedra, 1984. 149 p. In Russian

Yurgenson G.A. *Metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniyu tipomorfizma halcedonovidnogo zhil'nogo kvarca pri poiskah i ocenke mestorozhdenij maloglubinnoj zoloto-serebryanoj formacii* [Methodical recommendations on the use of typomorphism of chalcedony-shaped vein quartz in the search and evaluation of deposits of shallow gold-silver formation]. Chita; Moscow, 1988. 44 p. In Russian

Yurgenson G.A., Yurgenson T.N. *Mineralogo-geohimicheskaya metodika opredeleniya rudno-formacionnoj prinadlezhnosti i ochenki ehrozionnogo sreza sredneglubinnyh mestorozhdenij zolota* [Mineralogical and geochemical methods for determining ore-formational affiliation and assessing the erosion section of mid-depth gold deposits]. Moscow : Mingeo SSSR, 1991. 91 p. In Russian

Yurgenson G.A. *Osobennosti mineralogii i formirovaniya zony okisleniya v usloviyah mnogoletnemerzlyh porod* [Features of mineralogy and the formation of the oxidation zone in permafrost] // Problemy rudoobrazovaniya, poiskov i ochenki mineral'nogo syr'ya / otv. red. G.A. Yurgenson. Novosibirsk: SO RAN, 1996. pp. 127–160. In Russian

Yurgenson G.A., Serebrennikova N.V., Kotova E.N. *Gejlyussit Doroninskogo sodovogo ozera, Vostochnoe Zabajkal'e, Rossiya* [Gelyussite of Doroninsky Soda Lake, Eastern Transbaikalia, Russia] // Litosfera. 2011. № 2. pp. 128–134. In Russian

Yurgenson G.A., Rusal, O.S. *Zhelezistyj ganningit kak produkt sovremennogo mineraloobrazovaniya v kar'ere Sherlovogorskogo olovo-polimetallichesкого mestorozhdeniya (Yugo-Vostochnoe Zabajkal'e)* [Ferrous ganningite as a product of modern mineral formation in the open pit of Sherlovogorsk tin-polymetallic deposit (South-Eastern Transbaikalia)] // Litosfera. 2014. № 5. pp. 129–135. In Russian

Serebrennikova N.V., Yurgenson G.A. Composition and formation conditions of sediments in the Doroninskoe soda lake (Eastern Transbaikalia) // Lithology and Mineral Resources. 2010. T. 45. № 5. pp. 486–494.

Yurgenson Georgiy A., Kononov Oleg V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals. Famous Mineral Localites of Russia: Sherlova Gora // Mineralogical Almanac V. 19 (2). Ltd. Lakewood. CO80227. USA. 2014. pp. 12–93.

Authors:

Yurgenson Georgiy A., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Professor, Chemistry department, Transbaikial State University, Chita, Russia.

E-mail: yurgga@mail.ru

Trubachev Alexey I., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Transbaikial State University, Chita, Russia.

E-mail: geoxxi@mail.ru

Filenko Roman A., Junior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia.

E-mail: filrom@yandex.ru

УДК 550.428:553.4

ОБ УНАСЛЕДОВАННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ РУДНОФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Г.А. Юргенсон^{1,2}, Р.А. Филенко¹

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

²Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

Разрабатываемые или отработанные месторождения являются источниками типохимических ассоциаций химических элементов, образующих их токсикогенные концентрации. Содержания Cu, Zn, Cd, Pb, Bi, Sb, W, Sn, Ce, Mo, Sn в техноземах геотехногенных ландшафтов превышают кларки и ПДК. Сквозным элементом рудных формаций, кроме вольфрамовых и собственно молибденовых, является As, для полиметаллических, золоторудных – Sb, для вольфрамовых, олово-полиметаллических, золото-кварц-молибденовых, золото-сульфидно-кварцевых – Bi. Pb является сквозным для всех полиметаллических формаций. Cd типичен для всех формаций, кроме золоторудных и молибденовых.

Ключевые слова: рудные месторождения, геохимическая специализация, типохимическая ассоциация, токсикогенная концентрация.

Введение

Изучение геоэкологического состояния горнопромышленных геосистем в современных условиях относится к приоритетным направлениям, способным заложить основы рационального природопользования. Одним из важнейших аспектов этих исследований являются их минералого-геохимическая классификация на основе их типохимизма и выявление минералого-геохимических факторов прогноза влияния разработки рудных месторождений определенных рудных формаций на окружающую среду.

В этом отношении Забайкалье является одним из крупнейших полигонов России, где горная промышленность зародилась так же, как и на Урале, в XVII в. Открытие и разработка в Восточном Забайкалье свинцово-цинковых руд, содержащих серебро и золото, положили начало более чем трехсотлетней истории горнозаводского дела в России. Именно здесь уже в 1676 г. было получено первое российское серебро. На базе Троицкого полиметаллического месторождения был построен и функционировал Аргунский серебряноплавильный завод, впоследствии получивший название Нерчинского серебряноплавильного завода (1689–1853 гг.), хотя к современному г. Нерчинску непосред-

ственного отношения он не имел и не имеет. Скорее всего, назван он был так потому, что вся эта территория входила в состав Нерчинского воеводства, а затем все заводы были переподчинены Нерчинскому горному округу, который для удобства управления им размещался в селе Нерчинский завод, возникшем при одоноименном серебряноплавильном заводе. С 1704 г. Нерчинский серебряноплавильный завод начал выплавлять серебро и свинец [Геологические... 1999; Куриленко, 2006], а с 1717 г. и золото, так называемое первое злато домашнее.

В 1723 г. на территории Юго-Восточного Забайкалья открыто месторождение аквамарина Шерловая Гора, разработка которого ведется по сей день [Kasatkin, Klapotov, Plášil, 2014; Yurgenson, Kononov, 2014]. Затем были построены и задействованы Газимуровский, Кутомарский, Дучарский, Александровский, Шилкинский серебряноплавильные заводы. В середине XVIII в. построен Дучарский, а затем Кутомарский заводы, оставившие после себя 0,9 млн т шлаков с содержанием 3,8–4,91% свинца и 5,31–5,46% цинка [Заворотных, 2001]. На Дучарском месторождении, а затем Солонечном с середины XVIII в. добывали первый флюорит России, использовавшийся как добавка к шихте.

В 1811 г. открыты и начали разрабатываться первые месторождения олова на Ононском месторождении [Геологические... 1999; Вырупаев, 2001]. Все сереброплавильные заводы к началу XX в. перестали функционировать, но отходы горнозаводского производства остались. Первые молибден (Чикойское месторождение), вольфрам и висмут (Шерловая Гора) также добыты в Забайкалье. Огромный вклад Забайкалье внесло в добычу золота в России. Это и первые россыпи по реке Унде, правому притоку Онона, и коренные месторождения: Балейско-Тасевское, Дарасунское, Ключевское, Любавинское и др. [Игнаткин, 2004].

В связи с открытием в советское время большого числа месторождений молибдена, вольфрама, олова, золота и серебра, флюорита, редких металлов, урана (1930–1993 гг.), была создана мощная горнодобывающая индустрия, разрушенная в 1991–1993 гг.

В результате перестройки остановлена деятельность предприятий с огромными отходами горного производства и исключенными из хозяйственной деятельности земельными отводами. За прошедшие почти 320 лет в результате геологоразведочных и добычных работ накопилось около 650 млн т отходов горного производства с учетом только разработки рудных месторождений. Они включают 1,335 млн т весьма богатых шлаков сереброплавильных заводов. Средние содержания в них свинца находятся в пределах 3,91–7,64%, цинка 1,03–7,59%, а также меди 0,1%, сурьмы 1,3%, олова 0,1%, индия 0,002–0,02%, галлия 0,002 – 0,02%, серебра 29,93–79,92 г/т, золота 0,09–0,25 г/т. С учетом разработки месторождений бурых и каменных углей, а также месторождений флюорита и редких металлов Забайкальским ГОКом общая масса перемещенных техногенных массивов составляет около 3 млрд т.

Цель работы и современное состояние проблемы

В результате предварительного анализа состояния окружающей среды в пределах исторических горнопромышленных территорий Восточного Забайкалья были выявлены разнообразие геохимической специализации отдельных хвостохранилищ и некая ее зависимость от минералого-геохимических типов разрабатывав-

шихся рудных месторождений. Эти данные нашли отражение в первом обобщении состояния окружающей среды Читинской области, выполненном в 1995 г. [Окружающая... 1995]. В этой работе дан анализ влияния добычи и переработки полезных ископаемых на окружающую среду и намечены основные направления исследований в данном направлении. В результате одной из важных задач стала необходимость сравнительного изучения минералого-геохимической специализации рудных месторождений и отходов горного производства их отработки.

Целью настоящей работы являются обобщение результатов исследований в этой области, выполненных более чем за 15 лет, для определения ассоциаций токсикогенных химических элементов в отходах горного производства и на этой основе прогноз возможной экологической опасности отработки месторождений определенных рудных формаций, а также их влияние на геохимию ландшафта.

С 2005 г. в ИПРЭК СО РАН (лаборатория геохимии и рудогенеза, геоэкологии и гидрогеохимии) и в Забайкальском государственном университете (лаборатория минералогии и геохимии ландшафта) ведутся исследования процессов концентрирования и миграции химических элементов в природных и геотехногенных ландшафтах горнопромышленных районов Забайкалья. Изучены руды и состояния хвостохранилищ бывших рудников, деятельность которых прекращена в 1960–1993-х гг. (Шерловгорского, Хапчерангинского олово-полиметаллических, Шахтаминского молибденового, Давендинского золото-молибденового, Любавинского золоторудного, Кличкинского и Акатуевского полиметаллических и др.), а также действующих (Бом-Горхонского вольфрамового, Новоширокинского, Нойон-Тологойского золото-полиметаллических и Александровского золоторудного с молибденом). Кроме того, на основе изучения минерального и химического состава руд подготовленных к эксплуатации Бугдаинского, Верхнеалиинского месторождений дан прогноз их возможного влияния на окружающую среду [Юргенсон, 2015; Yurgenson, 2004]. В других регионах на примере телетермальных месторождений ртути, колчеданных медно-цинковых, стратифицированных полиметаллических В.А. Алексеенко и соавт. [Алексеенко, Швыдка, Пузанов, 2018;

Alekseenko et al., 2017] показана унаследованность ассоциаций химических элементов в геотехногенном ландшафте, сохраняющаяся на протяжении десятилетий после окончания деятельности горнопромышленных предприятий. Это же относится и к месторождениям вольфрама [Смирнова, 2012], и особенностям циркулирующих в отходах горного производства вод [Плюснин, Жамбалова, Дамаева, 2014; Васильева, Васильев, Смирнова, 2015].

Методика исследований

Методика исследований предусматривала изучение минералого-геохимического состава руд, состояния хвостохранилищ, минерального и химического состава слагающих их техноземов, а также биогеохимических особенностей пионерных растений, первыми заселяющих хвостохранилища и создающих зоны новообразованных первичных почв, являющихся естественным субстратом природной рекультивации их слабообводненных поверхностей. Всего использовано около 1 600 проб руд и техноземов. Минеральный состав горных пород и руд (195 шлифов и 180 аншлифов) исследован в шлифах и аншлифах на оптическом поляризационном микроскопе AXIO Scope AI. Диагностика и состав минералов уточнены электронно-зондовым методом с помощью растрового электронного микроскопа LEO 1430 VP (аналитики Е.А. Хромова, Е.В. Ходырева, канд. техн. наук С.В. Канакин, ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ, руководитель лаборатории С.В. Канакин). Химический состав руд и техноземов определен методом ICP MS в лаборатории ОАО SGS «Восток Лимитед» в г. Чита (руководитель лаборатории А. Шацких).

Полученные результаты их обсуждение

В результате изучения минералого-геохимических особенностей 15 месторождений различных рудных формаций и соответствующих им природных и геотехногенных ландшафтов горнопромышленных районов Забайкалья установлено, что месторождения, являющиеся объектом разработки, были и остаются источниками определенных типоморфных ассоциаций химических элементов, образующих их токсикогенные концентрации. Содержа-

жания большинства изученных элементов (Cu, Zn, Cd, Pb, Bi, Sb, W, Sn, Ce, Mo, Sn) в техноземах геотехногенных ландшафтов существенно превышают кларки и ПДК.

Для всех изученных месторождений и рудных формаций установлена унаследованность содержаний в рудах и техноземах свинца, цинка, мышьяка, висмута и сурьмы и показано, что эти элементы являются главными источниками экологической опасности в горнопромышленных геосистемах (рис. 1–4).

Из анализа рис. 1 видно, что максимальное содержание свинца установлено в техноземах Хапчерангинского хвостохранилища, образовавшееся в результате отработки одноименного олово-полиметаллического месторождения, минимальное – в хвостохранилищах золотоизвлекательных фабрик (ЗИФ) Балейского ГОКа. При этом выявлено, что содержание его в техноземах выше, чем в исходной руде. Это связано с тем, что на фабрике ЗИФ № 2 перерабатывались руды двух месторождений: Тасеевского, где свинец находился в галените и сульфосолях, извлекавшихся в гравитационный флотационный концентраты, и Среднеголготайского, свинец которого частично находился в окисленных формах и не извлекался, а уходил в отвал. Этот факт указывает на важность знаний минеральных форм тех или иных токсичных элементов для выбора технологии обогащения и прогноза экологической опасности разработки руд определенного минерального состава.

Цинк также относится к элементам, способным накапливаться в техноземах. Особенностью его, как и сопровождающего кадмия, является высокая подвижность в геотехногенных ландшафтах. Распределение цинка в руде и техноземах показано на рис. 2. Видно, что содержание цинка также минимально в рудах Балейского рудного поля малоглубинной золотосеребряной формации и максимально для руд Хапчерангинского месторождения, но в техноземах минимальны концентрации цинка в хвостохранилище Давендинского золото-молибденового и максимальны для хвостохранилища Нерчинского полиметаллического ГОКа, где складированы хвосты обогащения Кличкинского, Почкуевского и Савинского № 5 полиметаллических месторождений. Для техноземов Тасеевских ЗИФ тенденция, выявленная для свинца, сохраняется. Аналогичная картина наблюдается и для кадмия.

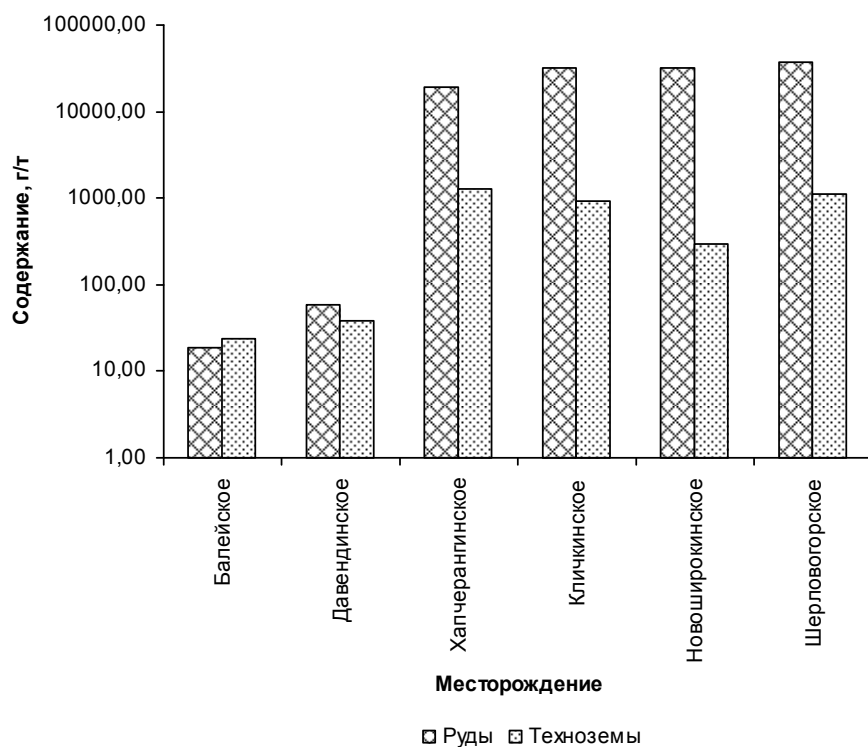


Рис. 1. Соотношение и унаследованность содержаний свинца в рудах обрабатываемых и отработанных месторождений и в техноземах отходов горного производства

Fig. 1. Ratio and inheritance of lead content in ores of mined and spent deposits and in techno soil mining waste

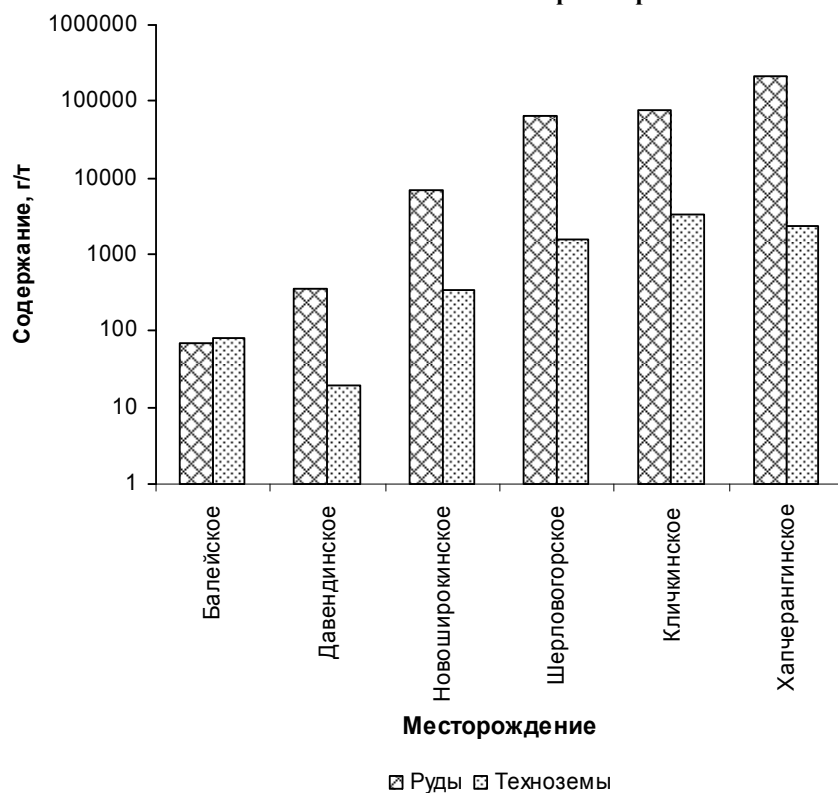


Рис. 2. Соотношение и унаследованность содержаний цинка в рудах обрабатываемых и отработанных месторождений и в техноземах отходов горного производства

Fig. 2. Ratio and inheritance of zinc content in ores of mined and spent deposits and in techno soil mining waste

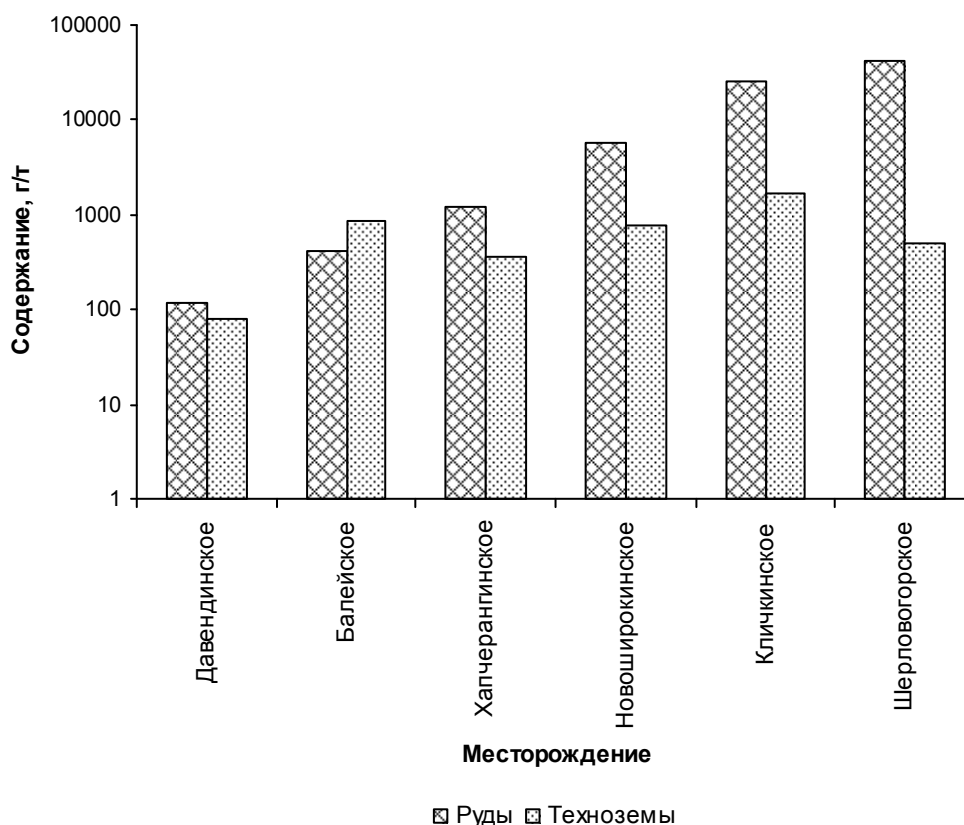


Рис. 3. Распределение мышьяка в руде и техноземах

Fig. 3. Distribution of arsenic in ore and techno soil

Для элементов V группы (As, Sb, Bi) общие тенденции сохраняются, но минимальные концентрации мышьяка в рудах и техноземах характерны для месторождения молибдена (Давендинское), а максимальные – для руд Шерловогорского олово-полиметаллического и техноземов Кличкинского полиметаллических, что вполне закономерно. При этом тенденции изменения соотношений руда / технозем сохраняются (рис. 3, здесь приведены данные для мышьяка).

Для сурьмы характерно повышение концентраций в техноземах по сравнению с рудами, что обусловлено особенностями поведения ее минералов в гравитационном и флотационном способах обогащения руд. Это следует учитывать при прогнозе переработки окисленных руд, содержащих данный элемент.

Все рассмотренные химические элементы образуют, как показано выше, аномально высокие концентрации в рудовмещающих горных поро-

дах, рудах, продуктивных минеральных комплексах, что естественно, и отходах горного производства, в частности, в техноземах в пределах территорий с оруденением определенных рудных формаций. Из них в сверхкларковых концентрациях и концентрациях, превышающих ПДК и ОДК, как показано на примерах изученных месторождений, находятся свинец, цинк, кадмий, мышьяк, сурьма, висмут и, в отдельных случаях, медь и молибден. Эти элементы для рудоносных геосистем Забайкалья являются сквозными в цепи: горная порода → руда → почва (технозем), т.е. они проходят через всю геосистему.

Статистические параметры концентраций определенных элементов для конкретных рудных формаций или месторождений являются их типохимическими признаками, и элементы могут быть признаками их классификации. Средние значения содержаний данных элементов приведены на рис. 4.

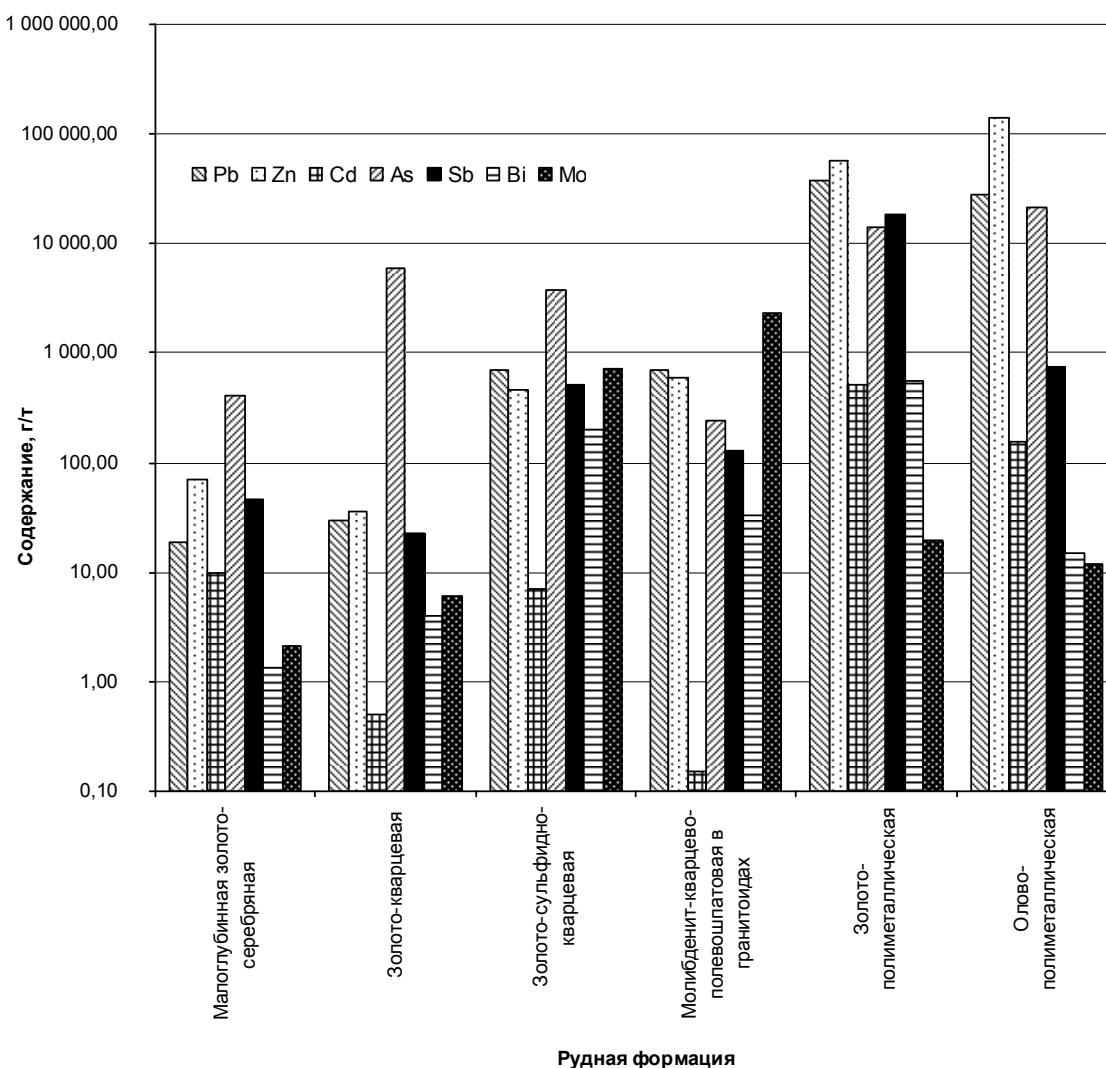


Рис. 4. Типохимические значения сквозных химических элементов геотехногенных ландшафтов для различных рудных формаций

Fig. 4. Typochemical values of through chemical elements of geotechnogenic landscapes for various ore formations

Результаты изучения руд и техноземов хвостохранилищ сведены в таблице. Сопоставление минерального состава руд изученных месторождений с геохимической ассоциацией химических элементов в техноземах позволило их классифицировать. Выделены геохимические типы техноземов, соответствующих определенным рудным формациям месторождений. Рудные формации выделены в соответствии с их типохимическими признаками, выявленными нами [Юргенсон, 2003] с учетом представлений, изложенных в работе [Спиридонов, Зорина, Китаев, 2006].

Определено, что содержание большинства выявленных элементов значительно выше их

кларка и ПДК для валовых концентраций в почвах.

Анализ данных таблицы однозначно подтверждает вывод о повсеместном развитии элементов V группы Периодической системы и об их типохимизме для Забайкалья. В зависимости от их концентраций, прежде всего наиболее опасного мышьяка, а также профилирующих главных минералов и химических элементов руд, образующих сверхкларковые и превышающие ПДК и ОДК концентрации в техноземах, выполнена минералого-геохимическая типизация изученных геотехногенных ландшафтов. Выделены две основные группы геосистем: мышьяковые и

безмышьяковые. К первым отнесены геосистемы с содержанием мышьяка в отходах горного производства 300 и более г/т, ко вторым – с меньшими содержаниями. К первым относятся все

золоторудные и полиметаллические месторождения и отходы их разработки. Ко вторым – месторождения вольфрама грейзеновой формации и молибдена.

Т а б л и ц а

Оруденение определенных рудных формаций и типичные ассоциации химических элементов в технозомах геотехногенных ландшафтов и их концентрации, г/т

T a b l e

Mineralization of certain ore formations and typical associations of chemical elements in technosoils of geotechnogenic landscapes and their concentration, ppm

Месторождение и связанная с ним геосистема	Рудная формация, главные рудные минералы	Геохимическая ассоциация и концентрация	Геохимический тип
Любавинское	Золото-кварцевая, пирит, арсенопирит, золото	As (600), Sb (3), Bi (1), W (9)	Мышьяковый
Балейское	Золото-кварцевая, пирит, арсенопирит, сульфосоли серебра, стибнит, золото	As(800), Sb (100), Zn (90), Te, Se	Мышьяк-сурьмяный
Ключевское	Золото-сульфидно-кварцевая, пирит, халькопирит, сульфосоли, золото	As (300), Sb (60), Bi (9), Cu (450), Pb (56), Mo (5)	Медно-мышьяк-сурьмяный
Среднегологотайское	Золото-сульфидно-кварцевая, пирит, арсенопирит, тетрадимит, золото	As (350), Sb (8), Bi (55), Cu (45), Mo (50), W (2), Te	Мышьяк-висмутовый
Верхнеалиинское	Золото-сульфидно-кварцевая, пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит, тетрадимит, стибнит, золото	As (860), Pb (312), Cu (110), Zn (190), Sb (79), Bi (16), Te	Мышьяк-сурьмяно-висмутовый
Александровское	Золото-сульфидно-кварцевая, пирит, сульфосоли, молибденит	As (340), Sb (12), Mo (320), Zn (42), Bi (2,4)	Мышьяк-сурьмяно-молибденовый
Хапчерангинское	Олово-полиметаллическая, галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит, молибденит, висмутин, касситерит, флюорит	Sb (10), As (500) Pb (1260), Mo (26), Zn (2400), Cd (10), Sn (360), Bi (16), F	Свинец-цинк-мышьяково-висмут-кадмиевый
Шерловогорское	Олово-полиметаллическая, галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит, касситерит, сульфосоли, вольфрамит, висмутин, флюорит	As (800), Zn (1500), Pb (1000), Cd (10), Sn (120), Bi (12), F, Sb (100), W (50), Tl	Свинец-цинк-мышьяково-сурьмяно-висмут-кадмиевый
Новоширокинское	Золото-полиметаллическая, пирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, сульфосоли сурьмы, тетрадимит	As (780), Pb (300), Zn (340), Cd (3), Cu (42), Sb (90), Bi (15)	Мышьяк-свинец-цинк-сурьмяный
Нойон-Тологойское	То же	As (900), Pb (500), Zn (700), Cd (10), Cu (200), Sb (100), Bi (3)	Мышьяк-свинец-цинк-сурьмяный
Кличкинское, Савинское № 5	Полиметаллическая, арсенопирит, галенит, сфалерит, сульфосоли	As (2000), Pb (910), Zn (1400), Cd (20), Sb (70)	Мышьяк-свинец-цинк-сурьмяный
Давендинское	Золото-кварц-молибденитовая, пирит, молибденит, сульфосоли, бисмутинит	Cu (40), Mo (100), Pb (40), As (80), Sb (10), Bi (21)	Молибден-висмутовый
Бугдаинское	Кварц-молибденитовая порфировая, пирит, молибденит, сульфосоли, халькопирит, вольфрамит, шеелит, флюорит	As (53), Sb (14), Pb (95), Mo (900), W (45), F	Молибден-сурьмяный

Месторождение и связанная с ним геосистема	Рудная формация, главные рудные минералы	Геохимическая ассоциация и концентрация	Геохимический тип
Шахтаминское	Кварц-молибденитовая, галенит, молибденит, халькопирит, шеелит, сульфосоли	Cu (300), As (50), Pb (500), Zn (50), Mo (320), W (40), Sb (40)	То же
Бом-Горхонское	Грейзеновая сульфидно-кварцево-гюбнеритовая, гюбнерит, сфалерит, пирит, бисмутинит, халькопирит, тетрадимит, сульфосоли	Zn (800), Cd (16), Bi (260), W (1786), Mo (38), Pb (51), Cu (214), Te	Вольфрам-висмутовый

Среди первых выделены: 1) собственно мышьяковый тип, к которому относятся месторождения золотокварцевой формации; 2) мышьяк-сурьмяный (месторождения малоглубинной золотосеребряной формации) и месторождения золото-сульфидно-кварцевой формации в гранитоидах; 3) мышьяк-висмутовый и мышьяк-сурьмяно-висмутовый и месторождения в гранитоидах с генетической связью с субщелочными породами среднего состава; 4) мышьяк-сурьмяно-молибденовый в гранитоидах с предельно минимальным содержанием мышьяка; 5) мышьяково-полиметаллический, объединяющий полиметаллические, олово-полиметаллические и золото-полиметаллические формации. Для мышьякового типа характерны широкий круг токсичных элементов и их высокие концентрации в отходах горного производства с

преобладанием сурьмы или висмута в зависимости от геохимической специализации месторождения, а также постоянным присутствием кадмия более 2 г/т, превышающем ОДК.

Ко второму, безмышьяковому вольфрам-висмутовому типу геосистем отнесены месторождения вольфрама и геотехногенные ландшафты Бом-Горхонского и Спокойнинского рудников, а также и остановленных в 1960-х гг. Антоновогорского, Букуинского, Ангатуйского рудников. Три последних разрабатывали кварц-сульфидно-вольфрамитовые месторождения, и отходы содержат токсичные концентрации цинка, кадмия, висмута, вольфрама, молибдена.

К безмышьяковому молибден-сурьмяновому отнесены Бугдаинское и Шахтаминское месторождения и связанные с ними геосистемы.

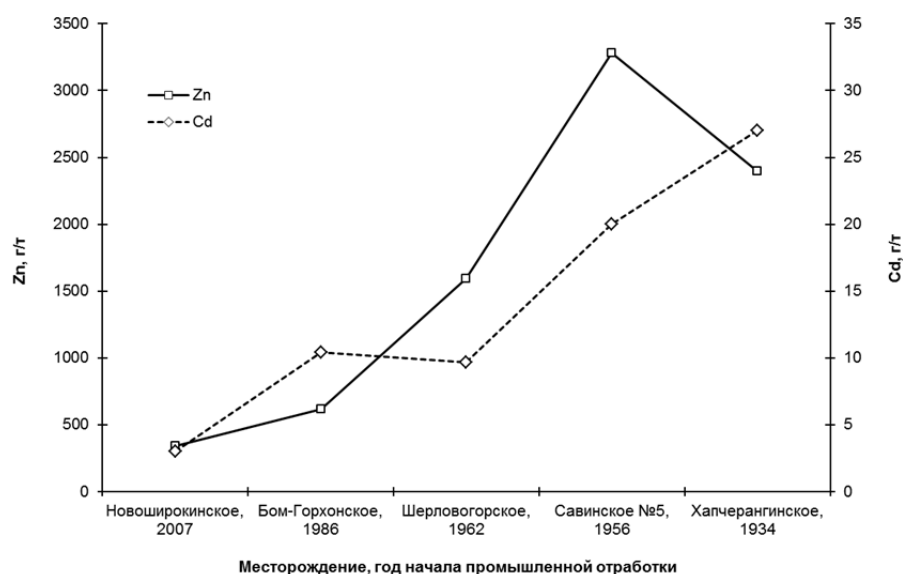


Рис. 5. Изменение содержаний цинка и кадмия в техноземах хвостохранилищ в зависимости от времени начала отработки месторождений

Fig. 5. Changes in the contents of zinc and cadmium in techno soil of tailings, depending on the time of the start of mining of deposits

Сравнительный анализ концентраций Zn и Cd в техноземах месторождений различных рудных формаций показал, что содержания химических элементов зависят не только от количества и соотношения их в исходной руде, но и от технологии и давности их отработки. Применение более совершенных технологий извлечения на обрабатываемых в настоящее время месторождениях обуславливает и более низкое содержание химических элементов в отходах добычи и переработки руд по сравнению со старыми закрытыми или законсервированными рудными объектами (см. рис. 5).

Заключение

Месторождения, являющиеся объектом разработки, были и остаются источниками определенных типоморфных ассоциаций химических элементов, образующих их токсикогенные концентрации. Содержания большинства изученных элементов (Cu, Zn, Cd, Pb, Bi, Sb, W, Sn, Ce, Mo, Sn) в техноземах геотехногенных ландшафтов существенно превышают кларки и ПДК. Наибольшим распространением из химических элементов, высокие содержания которых представляют экологическую опасность, в изученных ландшафтах пользуются As, Pb, Zn, Sb, Cd и Bi.

Сквозным элементом для всех рудных формаций, кроме вольфрамовых и собственно молибде-

новых, является As. Выявлены две группы типохимических ландшафтов: мышьяковая ($As \geq 300$ г/т) и безмышьяковая ($As \leq 300$ г/т). К мышьяковой относятся все полиметаллические и золоторудные, за исключением обогащенных висмутом. Они подразделены на мышьяково-сурьмяные и мышьяково-висмутовые, а также мышьяково-свинцовые, к которым отнесены ландшафты с полиметаллическим оруденением. К безмышьяковой группе отнесены вольфрам-висмутовый и молибден-сурьмяный типы геосистем.

Сурьма является сквозным элементом для большинства геосистем, кроме грейзенового вольфрам-висмутового. Висмут типичен для геосистем с вольфрамовым, олово-полиметаллическим, золото-кварц-молибденовым, золото-сульфидно-кварцевым оруденением. Свинец является сквозным для всех полиметаллических формаций. Наиболее опасный кадмий типичен для всех формаций, кроме золоторудных и молибденовых.

Таким образом, в результате обобщения данных прошлых лет и новых данных, полученных в процессе изучения минералогическо-геохимического состава первичных и окисленных руд и техноземов в хвостохранилищах, установлено, что ассоциации химических элементов в техноземах зависят от их рудно-формационной принадлежности, а также от технологии переработки руд месторождения.

Литература

- Алексеев В.А., Швыдкая Н.В., Пузанов А.В. Геохимические изменения ландшафта, вызванные разработкой рудных месторождений полезных ископаемых // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование : тр. VII Всерос. симп. с междунар. участием и XIV Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана 22–23 августа 2018 г. Чита : Изд-во Заб ГУ, 2018. С. 115–122.
- Васильева Е.В., Васильев В.И., Смирнова О.К. Физико-химическая модель стока техногенных вод Бом-Горхонского вольфрамового месторождения в экологическую систему реки Зун-Тигня (Забайкальский край) // Минералогия техногенеза-2015. Миасс : ИМин УрО РАН, 2015. С. 155–159.
- Вырупаев А.А. Ононский оловянный промысел // 300 лет горно-заводского дела в Забайкалье : материалы симп. 9–10 сентября 2001 г. Чита : ИПРЭК СО РАН, 2001. С. 25–30.
- Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья / Г.А. Юргенсон, В.С. Четкин, В.М. Асосков и др. Новосибирск : Наука, 1999. 574 с.
- Заворотных И.Р. Открытие и создание минерально-сырьевой базы Нерчинского горного округа // 300 лет горно-заводского дела в Забайкалье : материалы симп. 9–10 сентября 2001 г. Чита : ИПРЭК СО РАН, 2001. С. 79–92.
- Игнаткин Ю.А. Очерки золота Забайкалья. Чита : ЦНОП, 2004. 100 с.
- Куриленко И.В. Нерчинский сереброплавильный завод // Энциклопедия Забайкалья. Читинская область. Т. III: И–Р / гл. ред. Р.Ф. Гениатулин. Новосибирск : Наука, 2006. С. 334.
- Окружающая среда и условия устойчивого развития Читинской области / А.М. Котельников, О.А. Вотах, А.М. Возмилов и др. Новосибирск : Наука, 1995. 248 с.
- Плюснин А.М., Жамбалова Д.И., Дабеева В.В. Миграция токсичных элементов в толще намывного хвостохранилища Джидинского ГОКа // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование : тр. V Всерос. симп. с междунар. участием и XII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана 10–12 декабря 2014 г. Чита : Поиск, 2014. С. 54–59.

Смирнова О.К. К минералогии и геохимии хвостов обогащения сульфидно-вольфрамовых руд // Минералогия техногенеза-2012. Миасс : ИМин УрО РАН, 2012. С. 244–251.

Спиридонов А.Н., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск : Гео, 2006. 291 с.

Юргенсон Г.А. Типоморфизм и рудные формации. Новосибирск : Наука, 2003. 368 с.

Юргенсон Г.А. Результаты и проблемы изучения современного минералообразования в геотехногенных ландшафтах исторических горнопромышленных районов // Международная научная конференция. XII съезд РМО. Минералогия во всем пространстве сего слова : материалы XII съезда РМО. СПб., 2015. С. 68–70.

Alekseenko V.A., Alekseenko A.V., Bogatyrev L.G., Shvydkaya N.V., Benediktova A.I. Some geochemical features of soils formed under conditions of abandoned mercury deposits in Krasnodar Krai. Moscow University Soil Science Bulletin. 2017. V. 72, № 2. P. 84–91. URL: <https://dx.doi.org/10.3103/S0147687417020028>

Kasatkin A.V., Klopotov K.I., Plášil J. Supergene Minerals of Sherlova Gora // Mineralogical Almanac, Ltd. Lakewood, CO80227, USA. 2014. V. 19, is. 2. P. 94–139.

Yurgenson G.A. Geotechnogenesis problems // J. Geosci. Res. NE Asia [Changchun, China], 2004. Vol. 7, № 1. P. 92–96.

Yurgenson G.A., Kononov O.V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // Famous Mineral Localities of Russia: Sherlova Gora // Mineralogical Almanac, Ltd. Lakewood, CO80227, USA. 2014. V. 19, is. 2. P. 12–93.

Авторы:

Юргенсон Георгий Александрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, лаборатория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия.

E-mail: yurgga@mail.ru

Филенко Роман Андреевич, младший научный сотрудник, лаборатория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия.

E-mail: filrom@yandex.ru

Geosphere Research, 2018, 4, 21–31. DOI: 10.17223/25421379/9/3

G.A. Yurgenson^{1,2}, R.A. Filenko¹

¹ *Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

² *Transbaikal State University, Chita, Russia*

ABOUT GENETIC CONNECTION OF GEOCHEMICAL SPECIALIZATION OF WASTES OF MINING PRODUCTION WITH ORE-FORMATION ACCESSORIES OF ORE DEPOSITS ON THE EXAMPLE OF TRANSBAIKALIA

Mineralogical and geochemical features of 15 deposits of various ore formations and the corresponding natural and geotechnogenic landscapes of the mining areas of Transbaikalia are studied. The inheritance of the chemical composition of mined ores and their waste was established. The fields under development have been and remain sources of certain typological associations of chemical elements forming their toxicogenic concentrations in varying wastes. The contents of most chemical elements (Cu, Zn, Cd, Pb, Bi, Sb, W, Sn, Ce, Mo, Sn) in the technozems of geotechnogenic landscapes significantly exceed the clark and MPC for soils. Of the chemical elements whose high concentrations represent an environmental hazard, As, Pb, Zn, Sb, Cd and Bi are the most common in the studied landscapes. Depending on their concentrations in the technozems exceeding the MPC and APC, and the contents of the main minerals and chemical elements of the ores, mineralogical and geochemical typification of the studied geosystems was performed. Two of their main groups were identified: arsenic and antimonial. The first are geosystems with arsenic content in mining waste of 300 g/t and more. To the second with its smaller contents, geotechnogenic landscapes from the tungsten deposit of greisen formation and molybdenum. The arsenic type includes geosystems with deposits of gold-quartz formation, arsenic-antimony with deposits of a shallow gold-silver formation and gold-sulfide-quartz in granitoids. Arsenic-bismuth and arsenic-antimony-bismuth types are also associated with deposits of gold-sulfide-quartz formation. Arsenic-antimony-molybdenum in granitoids with extremely minimal arsenic content; arsenic-polymetallic type, associated with deposits of polymetallic, tin-polymetallic and gold-polymetallic formations. This type is characterized by a wide range of toxic elements and their high concentrations in mining waste with a predominance of antimony or bismuth, depending on the geochemical specialization of the field, as well as the constant presence of cadmium over 2 g/t, exceeding the APC. Antimony is widespread in the mining wastes of polymetallic and gold ore deposits, with the exception of those enriched with bismuth. Bismuth forms environmentally hazardous contents in the products of processing of tungsten, tin-polymetallic, gold-quartz-molybdenum, gold-sulfide-quartz formations. Lead is a cross-cutting product for the processing of deposits from all polymetallic formations. The most dangerous cadmium is typical for all formations, except gold and molybdenum. Its minimum, albeit dangerous concentrations are typical for geotechnogenic landscapes of molybdenum and gold-molybdenum ore formations. It is shown that the

associations of chemical elements in technozems depend not only on their ore-formational affiliation, but also on the technology of processing ore deposits.

Keywords: ore deposits, geochemical specialization, typochemical association, toxicogenic concentration.

References

- Alekseenko V.A., Shvydkaya N.V., Puzanov A.V. *Geokhimicheskie izmeneniya landshafta, vyzvannye razrabotkoy rudnykh mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* [Geochemical changes in the landscape caused by the development of ore mineral deposits] // Mineralogiya i geokhimiya landshafta gomorudnykh territoriy. Racional'noe prirodopol'zovanie. Sovremennoe mineraloobrazovanie: Trudy VII Vserossiyskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem i XIV Vserossiyskikh chteniy pamyati akad. A.E. Fersmana 22–23 avgusta 2018 g. Chita: Izd-vo Zab GU, 2018. pp. 115–122. In Russian
- Vasil'eva E.V., Vasil'ev V.I., Smirnova O.K. *Fiziko-khimicheskaya model' stoka tekhnogennykh vod Bom-Gorkhonskogo vol'framovogo mestorozhdeniya v ehkologicheskuyu sistemu reki Zun-Tignya (Zabaykal'skiy kray)* [Physico-chemical model of the flow of technogenic waters of the Bom-Gorkhon tungsten deposit into the ecological system of the river Zun-Tignya (Transbaikalia region)] // Mineralogiya tekhnogeneza-2015. Miass: IMin UrO RAN, 2015. pp. 155–159. In Russian
- Vyrupaev A.A. *Ononskiy olovyannyy promysel* [Onon tin mining] // 300 let gorno-zavodskogo dela v Zabaykal'e / Materialy simpoziuma 9–10 sentyabrya 2001 g. Chita: IPREK SO RAN, 2001. pp. 25–30. In Russian
- Geologicheskie issledovaniya i gorno-promyshlennyy kompleks Zabaykal'ya* [Geological research and mining complex of Transbaikalia] // G.A. Yurgenson, V.S. Chechetkin, V.M. Asoskov i dr. Novosibirsk: Nauka, 1999. 574 p. In Russian
- Zavorotnykh I.R. *Otkrytie i sozдание mineral'no-syr'evoy bazy Nerchinskogo gornogo okruga* [Discovery and creation of the mineral resource base of the Nerchinsky mining district] // 300 let gorno-zavodskogo dela v Zabaykal'e / Materialy simpoziuma 9–10 sentyabrya 2001 g. Chita: IPREK SO RAN, 2001. pp. 79–92. In Russian
- Ignatkin Yu.A. *Oчерки золота Zabaykal'ya*. [Sketches of gold Transbaikalia]. Chita: TSNOP, 2004. 100 p. In Russian
- Kurilenko I.V. *Nerchinskiy serebropлавильный завод* [Nerchinsk Silver Smelting manufactory] // Entsiklopediya Zabaykal'ya. Chitinskaya obl. T.III. I–R. Gl. Red. R.F. Geniatulin Novosibirsk: Nauka, 2006. pp. 334. In Russian
- Okrugzhayushchaya sreda i usloviya ustojchivogo razvitiya Chitinskoj oblasti*. [Environment and conditions of sustainable development of the Chita region] / A.M. Kotelnikov, O.A. Votakh, A.M. Vozmilov i dr. Novosibirsk: Nauka, 1995. 248 p.
- Plyusnin A.M., Zhambalova D.I., Dabaeva V.V. *Migratsiya toksichnykh elementov v tolshche namyvnogo khvostokhranilishcha Dzhidinskogo GOKa* [Migration of toxic elements in the alluvial tailings of the Dzhida mining factory] // Mineralogiya i geokhimiya landshafta gomorudnykh territoriy. Ratsional'noe prirodopol'zovanie. Sovremennoe mineraloobrazovanie: Trudy V Vserossiyskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem i XII Vserossiyskikh Chteniy pamyati akad. A.E. Fersmana 10–12 dekabrya 2014 g. Chita: Poisk, 2014. pp. 54–59. In Russian
- Smirnova O.K. *K mineralogii i geokhimii khvostov obogashcheniya sul'fidno-vol'framovykh rud* [To mineralogy and geochemistry of sulphide-tungsten ores concentration tailings] // Mineralogiya tekhnogeneza-2012. Miass: IMin UrO RAN, 2012. pp. 244–251. In Russian
- Spiridonov A.N., Zorina L.D., Kitaev N.A. *Zolotonosnye rudno-magmaticheskie sistemy Zabajkal'ya*. [Gold-bearing ore-magmatic systems of Transbaikalia] Novosibirsk Izd-vo «Geo», 2006. 291 p. In Russian
- Yurgenson G.A. *Tipomorfizm i rudnye formatsii* [Typomorphism and ore formations]. Novosibirsk: Nauka, 2003. 368 p. In Russian
- Yurgenson G.A. *Rezultaty i problemy izucheniya sovremennogo mineraloobrazovaniya v geotekhnogennykh landshaftakh istoricheskikh gornopromyshlennykh rayonov* [Results and problems of studying modern mineral formation in geotechnogenic landscapes of historical mining regions] // Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya. XII s"ezd RMO. Mineralogiya vo vsem prostranstve sogo slova. Materialy XII s"ezda RMO. SPb, 2015. pp. 68–70. In Russian
- Kasatkin A.V., Klopotov K.I., Jakub Plášil. *Supergene Minerals of Sherlova Gora* // Mineralogical Almanac Ltd, Lakewood, CO80227, USA, 2014. V. 19 issue 2. P. 94–139.
- Yurgenson G.A. *Geotechnogenesis problems* // J. Geosci. Res. NE Asia [Changchun, China], 2004. Vol. 7. № 1. P. 92–96.
- Yurgenson G.A., Kononov O.V. *Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals* // Famous Mineral Localities of Russia: Sherlova Gora // Mineralogical Almanac, Ltd. Lakewood, CO80227, USA, 2014. V. 19 issue 2. P. 12–93.

Authors:

Yurgenson Georgiy A., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, professor, Chemistry department, Transbaikalia State University, Chita, Russia.

E-mail: yurgga@mail.ru

Filenko Roman A., Junior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia.

E-mail: filrom@yandex.ru

УДК 549.766

СОВРЕМЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ В ГЕОТЕХНОГЕННОМ ЛАНДШАФТЕ ШЕРЛОВОГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Г.А. Юргенсон^{1,2}, Р.А. Филенко¹

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

²Забайкальский государственный университет, Чита, Россия

Обобщены результаты изучения современного минералообразования в геотехногенном ландшафте Шерловогорского рудного района в Юго-Восточном Забайкалье. Установлено, что в условиях гипергенеза происходит интенсивное окисление сульфидов с образованием сульфатных вод, содержащих двухвалентные железо, марганец, медь, цинк, кадмий, никель и кобальт, магний, из которых на испарительных геохимических барьерах выделяются минеральные ассоциации сульфатов указанных химических элементов. Особенностью минералов является широкий изоморфизм катионов с образованием изоморфных рядов. Установлено формирование сульфатов одного катиона с переменным числом молекул кристаллогидратной воды. Для группы кизерита установлен ряд: кизерит $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – ганнингит $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – ссмикит $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и ссомольнокит $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, для группы старкеита: бойлеит $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – старкеит $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – роценит $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – эплоуит $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Внутри ряда выявлены промежуточные минеральные фазы с различным количеством долей взаимозамещающихся химических элементов. Ряды сульфатов одного и того же катиона с переменным числом кристаллогидратной воды для цинка и магния представлены наиболее полно. Устойчивость образующихся минеральных ассоциаций зависит от погодно-климатических условий. Они устойчивы лишь в сухое время года или в сухую жаркую или холодную погоду. Изучение современного минералообразования является одним из инструментов познания процессов гипергенеза.

Ключевые слова: современное минералообразование, сульфаты, испарительный геохимический барьер, геотехногенный ландшафт, Шерловогорский рудный район.

Введение

Шерловогорский рудный район представляет собой горно-степную территорию на Юго-Востоке Забайкалья, в пределах которой находятся зонально расположенные месторождения: бериллий-висмут-олово-вольфрамовое Шерловая Гора грейзеновой формации, касситерит-силикатное Аплитовый отрог, сульфидно-касситерит-силикатное Кварц-Турмалиновый отрог, касситерит-хлорит-сульфидное Сопка Большая и станнин-сфалерит-галенит-карбонатное Восточная аномалия [Онтоев, 1974]. Месторождения в значительной мере отработаны. Добыча берилла, топаза и горного хрусталя с перерывами ведется с момента открытия месторождения в 1723 г. Интенсивная добыча открытым способом олово-висмут-вольфрамовых коренных и россыпных руд велась с 1916 г., а олово-полиметаллических – с 1930-х гг. За это время накопилось (тыс. т): хвостов обогащения коренных руд в хвостохранилище 17 817 и

1 000 обогащения россыпей (оценка), вскрышных пород 183 587, в складах упорных и окисленных руд 7 127. Суммарный объем техногенных массивов составляет, таким образом, около 200 млн т. Оработка их велась Шерловогорским ГОКом до 1993 г., несанкционированная добыча камнесамоцветного сырья – до 2017 г. и законная по лицензии – с 2018 г. Все горные выработки, включая карьер добычи олово-полиметаллических руд, хвостохранилище и другие техногенные массивы, нерекультивированы и подвергаются воздействию всех факторов гипергенеза, вследствие чего ландшафт приобрел все свойства геотехногенного [Yurgenson, 2004]. Все техногенные массивы содержат сульфиды, главными из которых являются пирит и, в меньшей мере, сфалерит, галенит, халькопирит, арсенопирит, а также сульфосоли свинца, меди, висмута. Они подвержены воздействию воздуха, атмосферных осадков и циркулирующих в них водах, бактериальных биocenozов [Glukhova et al., 2018]. Существенное

влияние в летнее время на гидрогеологическую обстановку в пологих частях осыпавшихся бортов карьера оказывают проливные дожди. Дреназирующие отвалы водные потоки, обогащенные сульфат-ионами и имеющие кислую реакцию (рН 4,5–5,6), выносят на дневную поверхность растворенные в них двухвалентные железо, медь, цинк, кадмий, магний, кальций и другие элементы. В пологих бортах карьера они образуют ручьи, текущие в озеро на дне карьера. В сухое время в жаркую погоду возникают испарительные геохимические барьеры, на которых из таких растворов выпадают белые, голубоватые, желтоватые осадки.

Современное состояние проблемы

Целью настоящей статьи является обобщение более чем 10-летних наблюдений и изучения минерального состава современного минералообразования в связи с временными водными растворами, мигрирующими на поверхности техногенных осыпей в поверхностных горных выработках и пороодо-рудных отвалах в пределах Шерловгорского рудного района. Это направление исследований получило развитие на современном уровне в начале 2000-х в связи процессами изменения техногенных массивов в результате воздействия факторов гипергенеза в рамках решения задач минералогии и геохимии ландшафта на примере оловорудных месторождений Приморья и Забайкалья [Зверева, 2006; Юргенсон, 2002; Yurgenson, 2004 и др.].

Первые данные о современном минералообразовании в геотехногенном ландшафте Шерловгорского рудного района были получены нами 10 лет тому назад [Юргенсон, Сергутская, 2008; Sergutskaya, Yurgenson, 2009]. Выявлено, что наиболее широко распространены в пределах карьерно-отвального ландшафта территории функционирования Шерловгорского ГОКа сульфаты двухвалентных металлов. Среди них широко развиты сульфаты цинка и магния, образующие как изоморфные ряды, так и ряды сульфатов с различным количеством кристаллогидратной воды [Yurgenson, Yeriomin, 2014]. Как установлено, на примерах хвостохранилищ и карьерно-отвальных ландшафтов Шерловгорского рудного района [Замана, Чечель, 2016], Бом-Горхонского и Джидинского рудников [Замана, Чечель, 2014; Плюснин, Жамбало-

ва, Дабеева, 2014], разрабатывавших одноименные месторождения кварц-сульфидно-вольфрамитовой формации, близких по минеральному составу к вольфрамоносным частям Шерловгорского рудного района, происходят интенсивный вынос двухвалентных железа и марганца, цинка, кадмия, магния, меди, сульфат-анионов, их миграция и образование сульфатов на испарительных геохимических барьерах.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили образцы, отобранные в период 2006–2016 гг. при выполнении НИР лаборатории геохимии и рудогенеза ИПРЭК СО РАН на территории Шерловгорского рудного района. Фазовый состав сложных минеральных ассоциаций изучен с использованием тринокулярного микроскопа «Микромед MC2 Zoom2CR», а также методами поляризационной микроскопии (микроскоп AXIO Scope A-1).

Использован метод порошковой дифракции на рентгеновском дифрактометре D8 Advance (Bruker AXS, Германия) с радиусом гониометра 250 мм. Условия измерения: излучение – $\text{CuK}\alpha$, $V = 40$ кВ, $I = 40$ мА, зеркало Гёбеля, щели Соллера – 2,5 мм, сцинтилляционный счетчик, угловой диапазон: $3 - 65^\circ(2\theta)$, шаг сканирования – $0,02^\circ$, экспозиция – 1 с/шаг. Фазовый состав образцов расшифрован с помощью программы EVA (Diffra^{plus}, PDF-2, 2007 г.), а также Американской картотеки ASTM PDF. Съемка некоторых образцов проводилась на дифрактометре ДРОН – 3.0 (Центр коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН) со следующими условиями измерения: излучение – $\text{CuK}\alpha$, Ni – фильтр, $V = 25$ кВ, $I = 20$ мА, в диапазоне $3 - 65^\circ(2\theta)$, шаг сканирования – $0,05^\circ$. Аналитики: З.Ф. Ушаповская, Т.С. Филёва, Д.С. Суворова, М.Н. Рубцова.

При изучении порошковых препаратов гипергенных минералов применялся сканирующий электронный микроскоп LEO 1430VP (CarlZeiss, Германия) с энергодисперсионным спектрометром INCAEnergy 350 (Oxford InstrumentsAnalytical Ltd.) в ГИН СО РАН. Условия съемки – ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 0,3–0,4 нА, размер зонда $< 0,1$ мкм, время измерения 50 с (живое время). Ошибка анализа на сумму достигает 2–4 мас. % в зависимости от

качества поверхности образца и особенностей его состава.

Синхронный термический анализ проводился на приборе STA 449 F1 Jupiter фирмы NETZSCH (Германия) в ИПРЭК СО РАН. Использовались платиновые тигли. Скорость нагрева во всех измерениях составляла 10°C/мин. Масса навесок – 10 мг. Полученные исходные файлы термограмм записанных с плотностью 100 точек в минуту обрабатывались с помощью программного обеспечения NETZSCH Proteus Analysis (v. 5.2.1).

Полученные результаты их обсуждение

Наиболее распространенными продуктами современного минералообразования в геотехногенном ландшафте Шерловогорского рудного района являются сульфаты. В меньшей мере распространены арсенаты, агрегаты которых

наблюдаются преимущественно в глыбовом материале складов некондиционных руд [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014]. Известны они также и на Карамышевском отроге.

Сульфаты весьма широко распространены среди современных минеральных ассоциаций, периодически образующихся как в прибортовых частях карьера, в толще техногенных массивов, так и как продукты современного минералообразования на испарительных и других физико-химических геохимических барьерах [Yurgenson, Kononov, 2014]. Особенностью новообразованных минералов в Шерловогорском рудном районе является их эфемерность. Они появляются и устойчивы только в условиях жаркой сухой погоды летом и в бесснежные морозные дни зимой. Особенностью участков их распространности является специфическая окраска осыпей в прибрежной части карьерного озера (рис. 1).

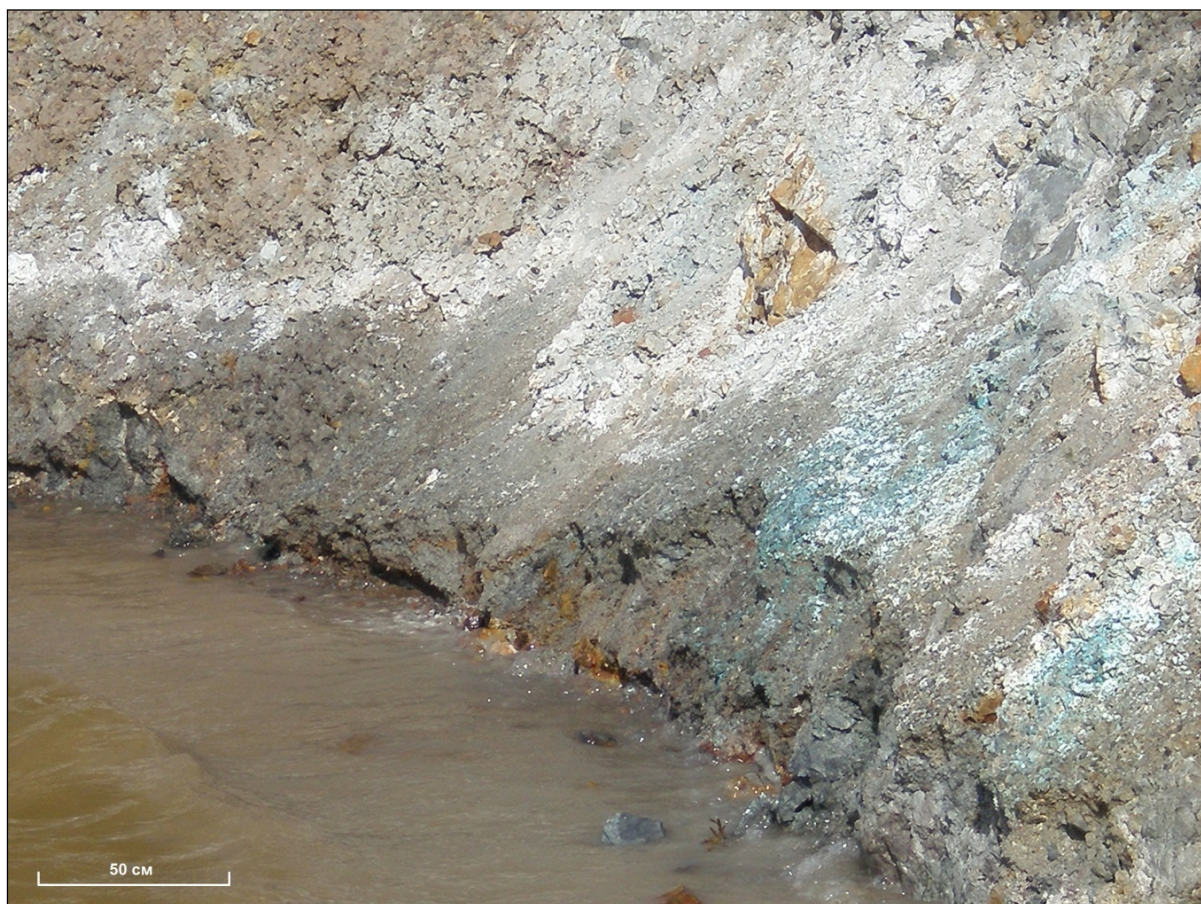


Рис. 1. Окраска тонких корок сульфатов меди, железа, никеля, цинка, магния и других элементов на осыпи в прибрежной части озера в карьере

Fig. 1. Coloring of thin crusts of sulfates of copper, iron, nickel, zinc, magnesium and other elements on the scree in the coastal part of the lake in the quarry

Среди широко распространенных выявлены ряды сульфатов магния, цинка, меди с различным числом кристаллогидратной воды. Сульфаты магния представлены *кизеритом* $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, впервые обнаруженным белого цвета минералом с формулой $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, еще не описанным в литературе, *старкеитом* $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, *пентагидритом* $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, *гексагидритом* $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *эпсомитом* $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Диагностика этой минеральной ассоциации осуществлена методами термогравиметрии (рис. 2) и рентгенофазового анализа (см. рис. 3).

На термограмме на кривой ДСК наблюдается серия больших и малых эндотермических пиков, соответствующих по данным исследователей [Иванова и др., 1974] инкогруэнтному плавлению гексагидрита, выкипанию раствора, дегидратации одноводной соли с полной дегидратацией при температуре близкой к 340°C .

В сумме потеря массы при выходе кристаллогидратной воды по кривой ТГ составила 44,5%, что близко к теоретическому содержанию таковой в гексагидрите (47,32%).

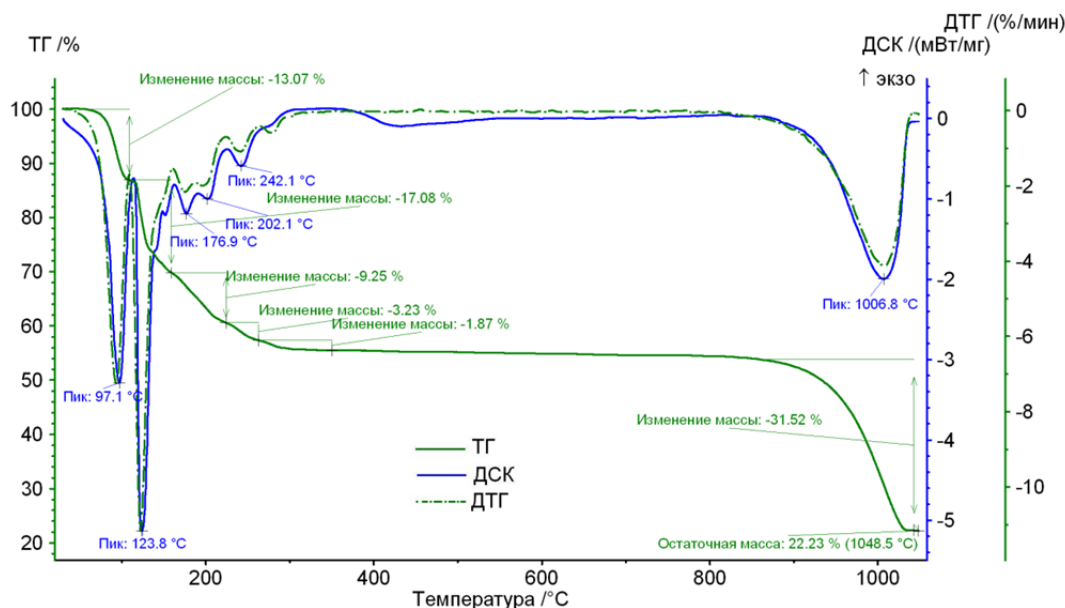


Рис. 2. Термограмма минеральной ассоциации, содержащей эпсомит

Fig. 2. Thermogram of mineral association containing epsomite

Вероятно, имеет место частичный выход кристаллогидратной воды из минерала в природных условиях и при дальнейшем хранении в лаборатории отобранной пробы первоначально образованного семиводного эпсомита. В высокотемпературной области на ТГ-кривой мы наблюдаем большую ступень потери массы, связанную с разложением сульфата магния (см. рис. 2). Процесс десульфатизации сопровождается мощным эндотермическим пиком при $1006,8^\circ\text{C}$. По кривой ДТГ также видно, что процесс выхода SO_3 происходит в интервале $850\text{--}1030^\circ\text{C}$ одноэтапно. Потеря массы при этом равна 31,52%, что близко к теоретическому составу эпсомита (32,48%).

Идентификация фаз, выявленных на дифрактограмме (рис. 3) выполнена с помощью программы поиска соответствия линий минералов с использованием международной порошковой базы данных PDF-2 (2007 г.). Эпсомиту соответствует эталон PDF № 01-072-0696, гексагидриту – PDF № 00-024-0719, гипсу – PDF № 00-033-0311.

Сульфаты цинка представлены рядом: ганнингит $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, бойлеит $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, бианкит $\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, госларит $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Сульфаты меди представлены халькокианитом CuSO_4 , одноводным сульфатом меди $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, бонаттитом $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, халькантитом $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и сидеротилом. Халькантит образует корки, гнезда в халькопирит-

содержащих олово-полиметаллических рудах. Находится в ассоциации сидеротилом, бонаттитом, гипсом, кизеритом, ганнингитом, калиевыми квасцами, одноводным сульфатом меди ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), каолинитом, хлоритом (обр. ШГ-10/141-1). Параметры э.я. халькантита: $a = 7,16(5)$; $b = 10,7(1)$; $c = 5,96(4)\text{\AA}$; $\alpha = 97,6(2)^\circ$; $\beta = 125,3(2)^\circ$; $\gamma = 94,4(2)^\circ$; $V = 362,7\text{\AA}^3$. Параметры э.я. разных образцов халькантита практически одинаковы для образцов, образовавшихся близко по времени (2010 г.): обр. ШГ-10-140-СМО $a = 7,16(6)$; $b = 10,7(1)$; $c = 5,95(5)\text{\AA}$; $\alpha = 97,56(26)^\circ$; $\beta = 125,45(26)^\circ$; $\gamma = 94,38(25)^\circ$; $V = 362,3(2,2)\text{\AA}^3$ и различаются для образцов разных лет: обр. ШГ-08-182-А (2008 г.) $a = 6,08(5)$; $b = 10,7(1)$; $c = 5,94(6)\text{\AA}$; $\alpha = 97,8(3)^\circ$; $\beta = 107,4(2)^\circ$; $\gamma = 77,14(3)^\circ$; $V = 359(2)\text{\AA}^3$. В ассоциации с халькантитом находится базальюминит $\text{Al}_4[\text{SO}_4](\text{OH})_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Бонаттит $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ встречен в трех местах в ассоциации с халькантитом, сидеротилом, старкеитом (обр. ШГ-07-256-2). Голубой, в виде неправильных зерен и их агрегатов. Параметры э.я.: $a = 5,59(1)$; $b = 13,04(1)$; $c = 7,36(1)\text{\AA}$; $\beta = 97,2(2)^\circ$; $V = 352\text{\AA}^3$.

Выявлены изоморфные ряды как у сульфатов с одной молекулой кристаллогидратной воды, так и с четырьмя: 1) кизерит $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – ганнингит $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – смикит $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и ссомольнокит $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и 2) происходит взаимозамещение цинка, магния, железа и марганца, кобальта: бойлеит $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – старкеит $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, бойлеит $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – роценит $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – эплоуит $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Это же относится и к сульфатам меди: сидеротил $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – халькантит $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Для диагностики сидеротила использован термогравиметрический (см. рис. 4) и рентгенофазовый анализы (см. рис. 5).

Термограмма сидеротила также имеет ряд характерных эндопиков на ДСК-кривой и синхронных с ними ступеней потери массы на ТГ-кривой. В низкотемпературной области нагрева образца наблюдается мощный эндотермический пик, отвечающий выходу четырех молекул воды из кристаллогидрата.

Далее до 350°C происходит удаление еще одной оставшейся молекулы из структуры минерала с образованием уже безводного сульфата железа (рис. 4). Масса вышедшей воды в общей сложности составила 31,2%, что ниже теоре-

тического содержания в чисто железистом сидеротиле (37,2%). Вероятно, сказываются влияние изоморфной примеси меди в составе минерала, а также загрязненность ее гипсом и кварцем. Об этом свидетельствует ход кривых ДСК и ДТГ при десульфатизации, которая протекает в два этапа. Сначала разлагается сульфат меди, а при более высокой температуре – безводный сульфат железа. Характерных пиков гипса и кварца на термограмме не выявлено, что указывает на их малое содержание в образце, не превышающее 1%. Небольшие пики также могут не проявляться на фоне основных очень мощных пиков.

Дифрактограмма, полученная для минеральной ассоциации образца ШГ-08/185, проиндифицирована по порошковым эталонным данным для сидеротила PDF № 01-072-7392, для гипса PDF № 00-033-0311 и для кварца PDF № 03-065-0466.

Сульфаты из группы квасцов представлены изоморфным рядом *галотрихит* $\text{FeAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ – *пиккеренгит* $\text{MgAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, а также *плюмбоярозитом* $\text{PbFe}^{3+}_6[\text{SO}_4]_4(\text{OH})_{12}$.

Они диагностированы рентгенофазовым, дифференциальным термовесовым анализами, а также оптическими методами. Из сульфатов марганца в составе корочек на топазе и кварце, а также новообразований из временных водных потоков в карьере установлен *илезит* MnSO_4 в ассоциации с *бойлеитом* $(\text{Zn}, \text{Mg})[\text{SO}_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, *пиккерингитом* и *роценитом* $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Параметры э.я. бойлеита обр. ШГ-10/121-1: $a = 5,928 (\text{\AA}) \pm 0,01$, $b = 13,607 (\text{\AA}) \pm 0,01$, $c = 7,92 (\text{\AA}) \pm 0,01$. Состав катионов: MgO 12,4%, ZnO 11,7%, CuO 0,245%, MnO 2,70%. Параметры э.я. роценита: $a = 5,95 (\text{\AA}) \pm 0,01$, $b = 13,60 (\text{\AA}) \pm 0,01$, $c = 7,94 (\text{\AA}) \pm 0,01$. Состав катионов: MgO 3,09%, ZnO 10,0%, Fe_2O_3 20,7%, CuO 0,266%, MnO 0,333%, NiO 0,173%, CaO 0,709%.

Пикерингит $\text{MgAl}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (обр. ШГ-10-1-СМО) находится в тонком проращении с бойлеитом, илезитом $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Присутствие последнего доказано примесью MnO (3,74%) и данными рентгенофазового анализа.

Сульфаты кобальта представлены минералами, содержащими различные количества кристаллогидратной воды, а именно: *эплоуитом* $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (обр. ШГ-07/250), *мурхаузитом* $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *биберитом* $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ обр. ШГ-05/150А. Все они встречаются как примесные минералы к сульфатам цинка и железа в виде мелких плохо образованных зерен.

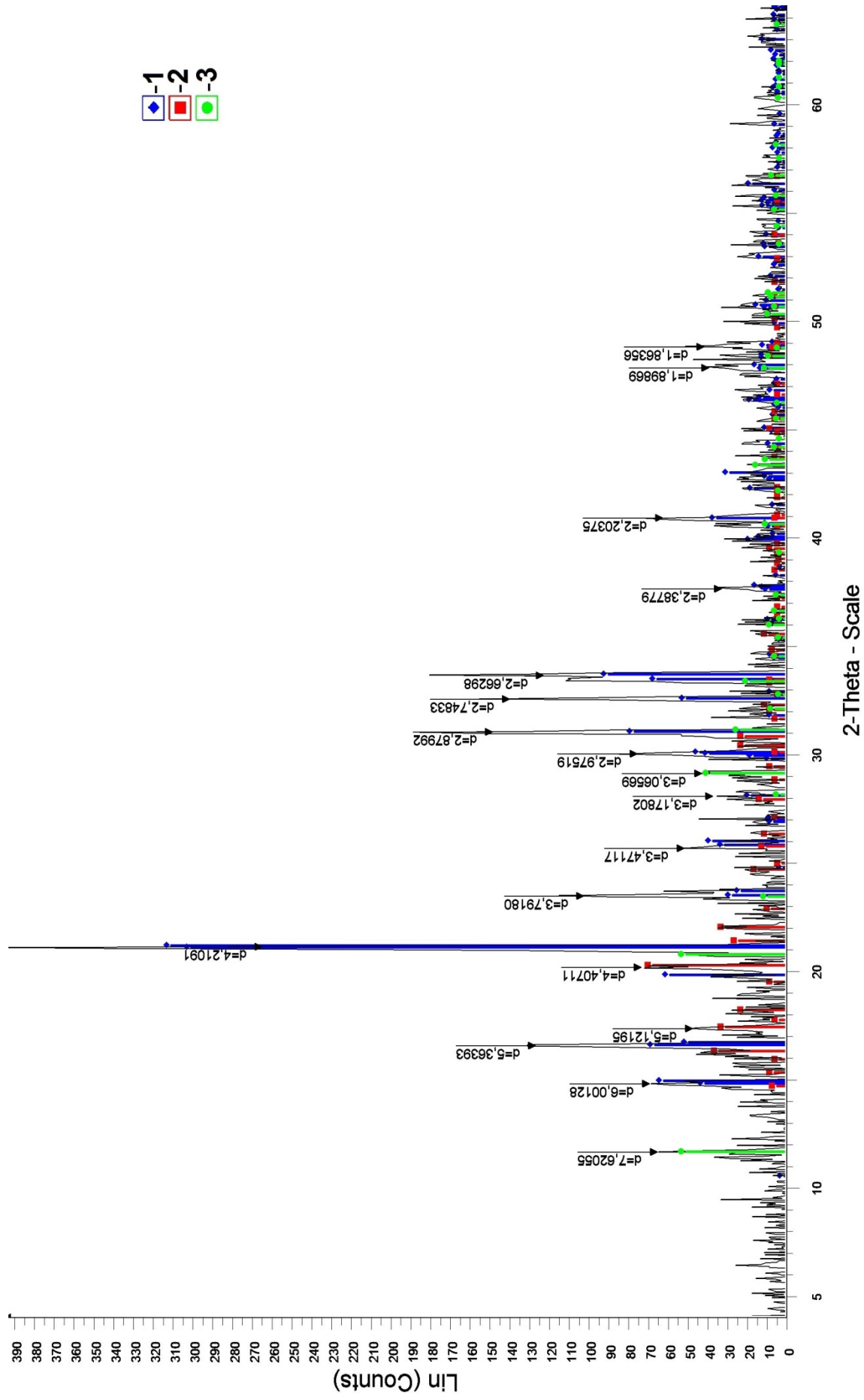


Рис. 3. Дифрактограмма минеральной ассоциации эпсомит (1) – гексагидрит (2) – гипс (3)

Fig. 3. Diffractogram of the mineral association epsomite (1) – hexahydrate (2) – gypsum (3)

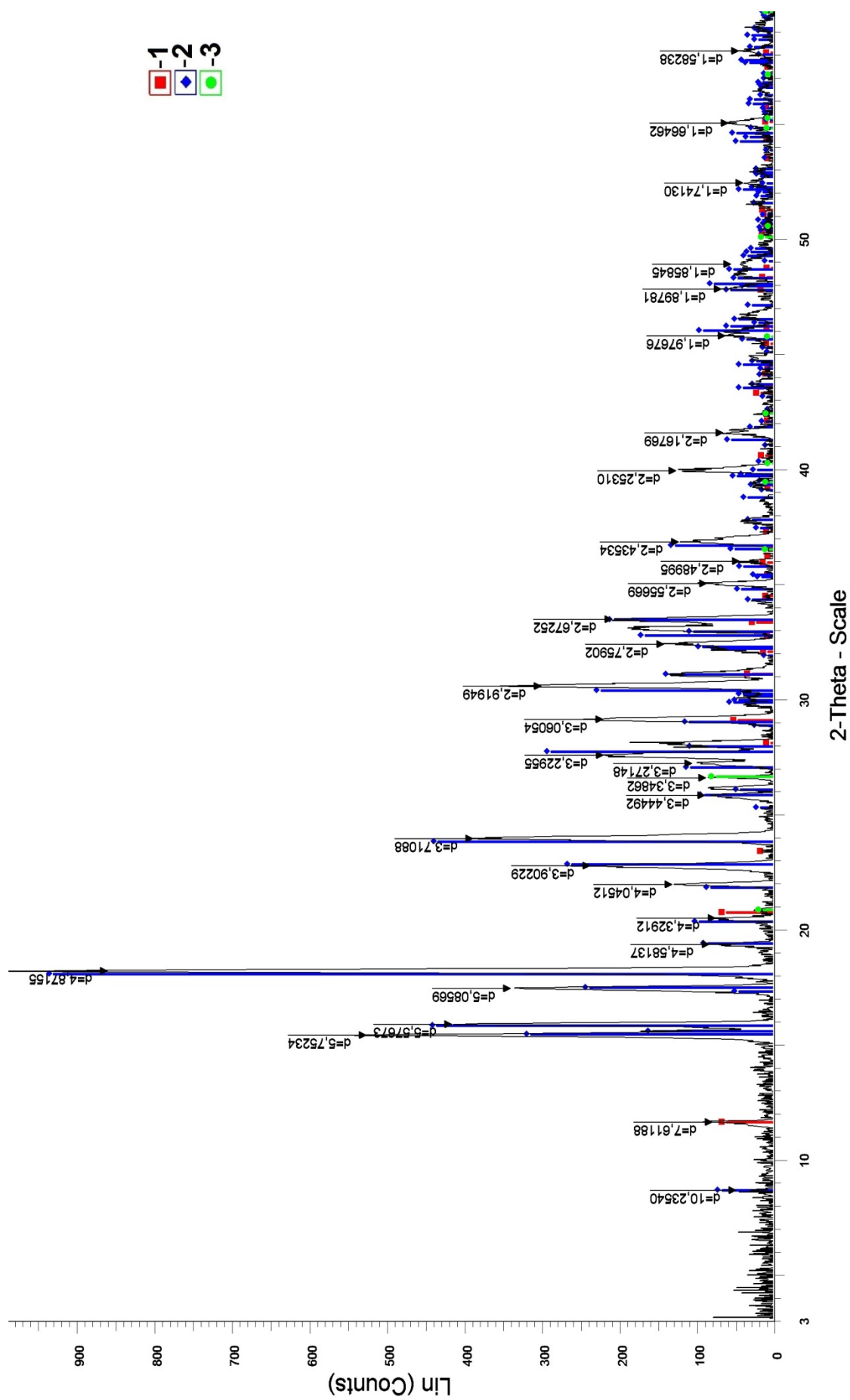


Рис. 5. Дифрактограмма ассоциации гипс (1) – сидерит (2) с примесью кварца (3)

Fig. 5. The diffraction pattern of the association gypsum (1) – siderite (2) with a mixture of quartz (3)

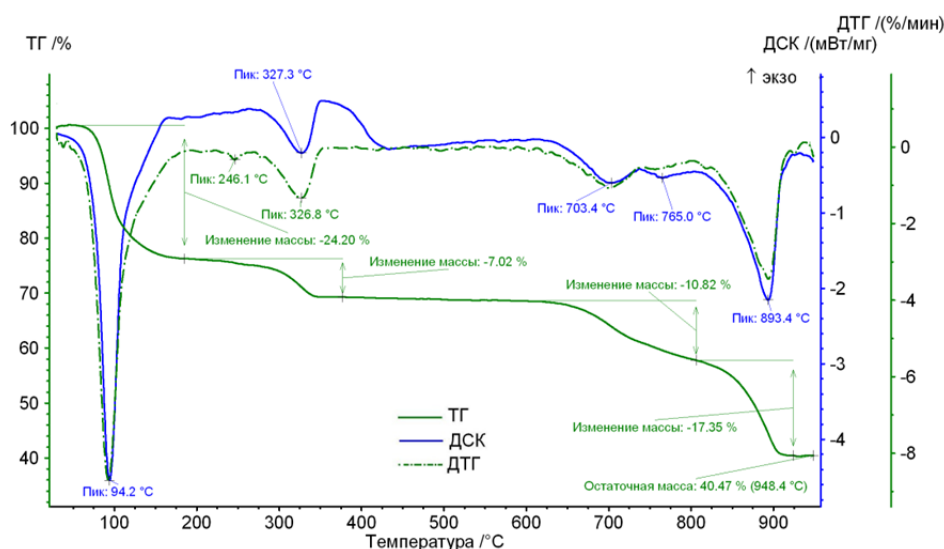


Рис. 4. Термограмма сидеротила

Fig. 4. Thermogram of siderotil

Из сульфатов никеля установлен *Нигексагидрит* $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (обр. ШГ-10/186-2), а также $\text{NiSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, пока не имеющий названия.

Ссмикит $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ выявлен в корочках на берилле, топазе и кварце. *Ссомольнокит* $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ встречен в тонких прожилках в кварцевых порфирах, грейзенах, а также в черных корках, облекающих кристаллы кварца, топаза и берилла в ассоциации с гетитом и гидрогетитом.

Ганнингит $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ относится к весьма редким минералам. В карьере Шерловогорского месторождения ганнингит впервые был обнаружен одним из авторов летом 2005 г. в виде белых корочек в зоне окисления на окисленной кварцево-галенитово-сфалеритовой руде, в виде тонких просечек, развивающихся в руде по тонким трещинам, в виде тонких выпотов на поверхности обломков руды, находящихся в рыхлом материале, а также на дне высохших ручейков минерализованных вод, дренирующих дезинтегрированные руды на испарительных геохимических барьерах в период отсутствия атмосферных осадков. 07 июня 2010 г., после ночного дождя в 10 ч 15 мин, когда солнцем песчаная почва уже была сильно прогрета и интенсивно шел процесс испарения, вблизи уреза воды озера в карьере на еще влажном песчаном материале и на обломках руды найдены голубоватые комковидные агрегаты ганнингита. Раз-

меры их широко варьируют: от первых миллиметров до 17–20 мм в поперечнике. Его железистая разновидность детально описана и здесь не рассматривается [Юргенсон, Русаль, 2014].

На территории Шерловогорского карьера наряду с ганнингитом обнаружены и другие члены кизеритовой группы: кизерит, ссмикит и ссомольнокит (таблица), а также бойлеит, илезит, старкеит, халькантит, пентагидрит и другие [Yurgenson, Sergutskaia, 2010]. Диагностика и детальное изучение каждого минерала затруднена из-за большого сходства между ними, а также тонких прорастаний.

Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ распространен довольно широко в зоне окисления месторождения Сопка Большая, а также среди современных новообразований. Крупных обособлений (более 1–3 мм), включая агрегаты и индивиды, не образует. В ассоциации с ним находятся галотрихит, госларит, эпсомит (обр. ШГ-05/166), старкеит (обр. ШГ-07/250) и другие сульфаты. Параметры элементарной ячейки гипса достаточно постоянны: обр. ШГ-10-СМО-2 $a = 6,28$; $b = 15,21$; $c = 5,68\text{\AA}$; $\beta = 114,09^\circ$; $V = 495,4\text{\AA}^3$, обр. ШГ-10-СМО-3: $a = 6,28(1)$; $b = 15,20(1)$; $c = 5,671(1)\text{\AA}$; $\beta = 114,12(3)^\circ$; $V = 490,9(1)\text{\AA}^3$. Полугидрат сульфата кальция *бассанит* $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ редко обнаруживается дифрактометрическим анализом среди сульфатов в ассоциации с кизеритом.

Т а б л и ц а
Результаты рентгенометрических исследований
ссомольнокита (обр. ШГ-14-СМО-27)

Table
The results of x-ray studies of the szomolnokite
(sample ShG-14-SMO-27)

№ n.n.	I	d [Å]	2 theta [°]
1	338,23	4,8235	18,39
2	309,22	4,7767	18,58
3	134,79	3,7785	23,55
4	936,53	3,4311	25,97
5	252,83	3,3693	26,45
6	337,25	3,2952	27,06
7	454,15	3,0917	28,88
8	264,38	2,5724	34,88
9	489,64	2,5257	35,55
10	118,06	2,4258	37,06
11	72,28	2,3882	37,67
12	128,11	2,3269	38,7
13	94,13	2,1063	42,94
14	57,47	2,0951	43,18
15	49,23	1,9405	46,82
16	68,17	1,8876	48,21
17	57,38	1,7987	50,76
18	35,99	1,7789	51,36
19	54,66	1,7615	51,91
20	55,64	1,7187	53,3
21	26,03	1,7043	53,79

Примечание: I – интенсивность, d [Å] – межплоскостное расстояние, в ангстремах; 2 theta [°] – угол 2θ, в градусах.

Note: I – the intensity, d [Å] – the interplanar distance, in angstroms; 2 theta [°] – angle 2θ, in degrees.

На кристаллах топаза (обр. ШГ-04/34) в красноватых корках и каплевидных обособлениях размером до 0,5 мм дифрактометрическим анализом обнаружены в небольших количествах – *батлерит* $\text{Fe}[\text{SO}_4](\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (d/n, Å, – 4,99; 3,17).

Из основных сульфатов меди в ассоциации с гипсом, каолинитом и гидрослюдай в виде тонких корочек зеленого цвета на окисленном кварцевом порфире в карьере обнаружен *брошантит* $\text{Cu}_4[\text{SO}_4](\text{OH})_6$. Для обр. ШГ-07/257 параметры э.я.: a = 13,07(2); b = 9,84(1); c = 6,00Å; β = 103,24(11)°; V = 752(3)Å³.

Большинство водорастворимых сульфатов, как уже указывалось, крайне неустойчивы и в дождливые годы практически исчезают. По сравнению с 2007 г., характеризовавшимся

чрезвычайной сухостью, в 2008 г. летом выпало более, чем в 2 раза больше осадков. Это способствовало растворению ранее образовавшихся водорастворимых минералов. Наблюдения, проведенные в июле-августе 2008 г., показали незначительные масштабы проявления современного минералообразования. Площади их распространения уменьшились в 3 раза.

Интенсивность минералообразования в приозерной части стенок карьера Шерловгорского ГОКа прямо связана с количеством атмосферных осадков в весенне-летне-осенний период. По сравнению с крайне сухим летом 2007 г., когда на береговой части карьера наблюдались многослойные корки различных сульфатов цинка (*госларит*, *бианкит*), магния (*эпсомит*, *гексагидрит*, *старкеит*), железа (*мелантерит*, *сидерит*, *копиапит*), меди (*халькантит*), влажным летом 2008 г. обилия этих минералов уже не отмечено.

Заключение

1. Установлено, что в условиях гипергенеза происходит интенсивное окисление сульфидов с образованием сульфатных вод, содержащих двухвалентные железо, марганец, медь, цинк, кадмий, никель и кобальт, магний и современное минералообразование на испарительных геохимических барьерах.

2. Особенностью минералов является широкий изоморфизм катионов с образованием изоморфных рядов. Установлено также формирование сульфатов одного катиона с переменным числом молекул кристаллогидратной воды.

3. Для группы кизерита установлен ряд: *кизерит* $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – *ганнингит* $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – *ссмикит* $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и *ссомольнокит* $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, для группы старкеита: *бойлеит* $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – *старкеит* $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – *роценит* $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – *эплоуит* $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Внутри ряда выявлены промежуточные минеральные фазы с различным количеством долей взаимозамещающихся химических элементов. В результате образуются железистый ганнингит, цинкистый старкеит и другие разновидности.

4. Ряды сульфатов одного и того же катиона с переменным числом кристаллогидратной воды для цинка и магния представлены наиболее полно. Сульфаты магния представлены *кизеритом*

том $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, еще не описанным в литературе, *старкеитом* $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, *пентагидритом* $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, *гексагидритом* $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *эпсомитом* $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Сульфаты цинка представлены рядом: *ганнингит* $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, *бойлеит* $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, *бианкит* $\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *госларит* $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Сульфаты меди представлены *халькокианитом* CuSO_4 , одноводным сульфатом меди $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, *бонаттитом* $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, *халькантитом* $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

5. Выявлен также ряд сульфатов кобальта: *эплойит* $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, *мурхаузит* $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *биберит* $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Из сульфатов никеля намечен ряд $\text{NiSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – *Ni-гексагидрит* $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

6. Устойчивость образующихся минеральных ассоциаций зависит от погодно-

климатических условий. Они устойчивы лишь в сухое время года или в сухую жаркую или холодную погоду.

Во время дождей они растворяются в воде и смываются временными водными потоками. В это время сульфаты двухвалентного железа и марганца частично окисляются и подвергаются гидролизу с образованием их гидроксидов, сорбирующих слабо подвижные свинец, висмут, сурьму, мышьяк и редкие земли. Смытые дождевыми водами подвижные сульфаты сносятся в озеро на дне карьера, повышая их концентрации. Содержания цинка в воде озера достигали 468 мг/л.

7. Изучение современного минералообразования является одним из инструментов познания процессов гипергенеза и его моделирования.

Литература

Замана Л.В., Чечель Л.П. Геохимия дренажных вод горнорудных объектов вольфрамового рудника Бом-Горхон (Забайкалье) // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Т. 22, № 3. С. 267–273.

Замана Л.В., Чечель Л.П. Эколого-геохимическая оценка водоемов рудных карьеров Восточного Забайкалья // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Эволюция биосферы и техногенез», VI Всероссийского симпозиума с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и XIII Всероссийских чтений памяти академика А.Е. Ферсмана «Рациональное природопользование», «Современное минералообразование», посвященных 35-летию ИПРЭК СО РАН : Чита, 22–18 августа 2016 г. Чита, 2016. С. 123–125.

Зверева В.П. Современное минералообразование в техногенных системах оловорудных месторождений Дальнего Востока // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование : тр. I Всерос. симп. с междунар. участием и VII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана 7–10 ноября 2006 г. Чита : Поиск, 2006. С. 150–154.

Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розина Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. Л. : Недра, 1974. 399 с.

Онтоев Д.О. Стадийность минерализации и зональность месторождений Забайкалья. М. : Наука, 1974. 244 с.

Плюснин А.М., Жамбалова Д.И., Дабеева В.В. Миграция токсичных элементов в толще намывного хвостохранилища Джидинского ГОКа // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование: Труды V Всероссийского симпозиума с междунар. участием и XII Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана 10–12 декабря 2014 г. Чита : Поиск, 2014. С. 54–59.

Юргенсон Г.А. Проблемы минералогии геотехногенеза // Роль минералогических исследований в решении экологических проблем (теория, практика, перспективы развития.) Материалы к Годичному собранию ВМО 2002 г. Москва, 28–30 мая 2002 г. М., 2002. С. 202–204.

Юргенсон Г.А., Русаль О.С. Железистый ганнингит как продукт современного минералообразования в карьере Шерловгорского олово-полиметаллического месторождения (Юго-Восточное Забайкалье) // Литосфера. 2014. №5. С. 129–135.

Юргенсон Г.А., Сергутская О.С. Сульфаты магния и цинка в продуктах современного минералообразования из временных водотоков на техногенном делювии в прибрежной зоне водоема Шерловгорского карьера // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование : тр. II Всерос. симп. с междунар. участием и VIII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана 24–27 ноября 2008 г. Чита, Россия. Чита, 2008. С. 135–140.

Glukhova L.B., Frank Y.A., Danilova E.V., Avakyan M.R., Banks D., Tuovinen O.H., Karnachuk O.V. Isolation, Characterization, and Metal Response of Novel, Acid-Tolerant *Penicillium* spp. from Extremely Metal-Rich Waters at a Mining Site in Transbaikalia (Siberia, Russia) // Microbial Ecology. 2018. V. 76, is. 4. P. 911–924.

Kasatkin A.V., Klopotov K.I., Plášil J. Supergene Minerals of Sherlova Gora // Mineralogical Almanac, Ltd. Lake-wood, CO80227, USA. 2014. V. 19, Is. 2. P. 94–139.

Sergutskaya O.S., Yurgenson G.A. The modern magnesium and zinc sulphates of the Sherlovogorsk tin poly-metallic mine. Proceedings for the 8th International Symposium on Geological and Mineralogical correlation in the Contiguous Regions of China, Russia and Mongolia, China Sep. 21–28, 2009. P. 4–6.

Yurgenson G.A. Geotechnogenesis problems // J. Geosci. Res. NE Asia [Changchun, China]. 2004. V. 7, № 1. P. 92–96.

Yurgenson G.A., Yeriomin O.V. On the sequence and conditions of sulfates formation with different numbers of crystalline hydrate water in the landscape Sherlovogorsk mining district of the Southeast Transbaikalia, Russia // *Goldschmidt-2014 Abstracts*. 2014. P. 2811.

Yurgenson G.A., Kononov O.V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // *Famous Mineral Localities of Russia: Sherlova Gora* // Mineralogical Almanac, Ltd. Lakewood, CO80227, USA. 2014. V. 19, is. 2. P. 12–93.

Yurgenson G.A., Serhutskaia O.S. The modern magnesium and zinc sulphates of the Sherlovogorsk tin-poly-metallic mine // *Geology and Resources*. 2010. V.19, № 1. P. 4–6.

Авторы:

Юргенсон Георгий Александрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, лаборатория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия.

E-mail: yurgga@mail.ru

Филенко Роман Андреевич, младший научный сотрудник, лаборатория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия.

E-mail: filrom@yandex.ru

Geosphere Research, 2018, 4, 32–43. DOI: 10.17223/25421379/9/4

G.A. Yurgenson^{1,2}, R.A. Filenko¹

¹*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

²*Transbaikalian State University, Chita, Russia*

MODERN MINERAL FORMATION IN THE GEOTECHNOGENIC LANDSCAPE OF THE SHERLOVOGORSKY ORE DISTRICT

The results of studying modern mineral formation in the geotechnogenic landscape of the Sherlovogorsk ore region in the South-Eastern Transbaikalia are summarized. The area of the deposit belongs to the mountain forest steppe. It is characterized by a sharply continental dry climate. As a result of almost 300-year-old mining of tin-polymetallic, beryllium-bismuth-tin-tungsten ores and gemstone raw materials, man-made arrays of mining wastes and substandard ores were formed. It has been established that under conditions of hypergenesis, intense oxidation of sulphides occurs with the formation of sulphate waters containing divalent iron, manganese, copper, zinc, cadmium, nickel and cobalt, magnesium. Here, from these waters, on the evaporative geochemical barriers, mineral associations of the sulfates of these chemical elements are formed. A feature of minerals is a wide isomorphism of cations with the formation of isomorphic series. The formation of sulphates of one cation with a variable number of crystal hydrate water molecules has also been established. For the group of kiserite, the following series was established: kiserite $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – gunningite $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – szmikite $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and szomolnokite $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, for the group of starkeyite: boyleite $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – starkeyite $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – rozenite $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – aplowite $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Intermediate mineral phases with a different number of fractions of mutually replacing chemical elements were revealed inside the row. mineral phases with a different number of fractions of mutually replacing chemical elements were revealed inside the row. As a result, ferrous gunningite, starkeyite zincite, and other species are formed. The rows of sulphates of the same cation with a variable number of crystalline water for zinc and magnesium are represented most fully. Magnesium sulfates are represented by kiserite $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, not yet described in the literature, starkeyite $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, pentahydrate $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, hexahydrate $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, epsomite $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Zinc sulfates are represented by the following: gunningite $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, boyleite $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, bianchite $\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, goslarite $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Copper sulfates are represented by chalcocyanite CuSO_4 , monohydrate copper sulfate $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, bonattite $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, and chalcantite $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. A series of cobalt sulphates was also detected: aplite $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, moorhouseite $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, bieberite $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. A series of $\text{NiSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – Ni-hexahydrate $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ is outlined from nickel sulfates. Also, thin crusts of copper and zinc sulphates on snow and on the ice surface in winter as a result of cryomineragenesis were noted. The stability of the resulting mineral associations depends on weather and climatic conditions. They are stable only in the dry season or in dry hot or cold weather. During rains they dissolve in water and are washed away by temporary water flows. At this time, the ferrous and manganese sulphates are partially oxidized and undergo hydrolysis to form their hydroxides, sorbing weakly mobile lead, bismuth, antimony, arsenic and rare earths. Movable sulphates washed away by rainwater are carried to the lake at the bottom of the pit, increasing their concentration. The zinc content of the lake water reached 468 mg/l. The study of modern mineral formation is one of the tools for understanding the processes of hypergenesis.

Keywords: modern mineral formation, sulphates, evaporative geochemical barrier, geotechnogenic landscape, Sherlovogorsk ore district.

References

Zamana L.V., Chechel' L.P. *Geokhimiya drenazhnykh vod gornorudnykh ob'ektov vol'framovogo rudnika Bom-Gorkhon (Zabajkal'e)* [Geochemistry of drainage waters of mining objects of Bom-Gorkhon tungsten mine (Transbaikalia)] // *Khimiya v interesakh ustojchivogo razvitiya*. 2014. T.22. №3. pp. 267–273. In Russian

Zamana L.V., Chechel' L.P. *Ekologo-geokhimicheskaya otsenka vodoemov rudnykh kar'erov Vostochnogo Zabajkal'ya* [Ecological and geochemical assessment of reservoirs of ore quarries in Eastern Transbaikalia] // *Materialy Vserossijskogo konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Evolutsiya biosfery i tekhnogenez», VI Vserossijskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem «Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh territorij» i XIII Vserossijskikh chtenij pamyati akademika A.E. Fersmana «Ratsional'noe prirodopol'zovanie», «Sovremennoe mineraloobrazovanie», posvyashchennykh 35-letiyu IPREK SO RAN*. 2016. pp. 123–125. In Russian

Zvereva V.P. *Sovremennoe mineraloobrazovanie v tekhnogennykh sistemakh olovorudnykh mestorozhdenij Dal'nego Vostoka* [Modern mineral formation in technogenic systems of tin ore deposits of the Far East] // *Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh territorij. Sovremennoe mineraloobrazovanie: Trudy I Vserossijskogo simpoziuma s mezhdunarodnym i VII Vserossijskikh Chtenij pamyati akad. A.E. Fersmana 7–10 noyabrya 2006 g.* Chita: Poisk. pp. 150–154. In Russian

Ivanova V.P., Kasatov B.K., Krasavina T.N., Rozinova E.L. *Termicheskij analiz mineralov i gornykh porod* [Thermal analysis of minerals and rocks]. Leningrad: Nedra, 1974. 399 p. In Russian

Ontoev D.O. *Stadijnost' mineralizatsii i zonal'nost' mestorozhdenij Zabajkal'ya* [The stadial nature of mineralization and zoning of Transbaikalia deposits]. Moscow: Nauka. 1974. 244 p. In Russian

Plyusnin A.M., Zhambalova D.I., Dabaeva V.V. *Migratsiya toksichnykh elementov v tolshche namyvnogo khvos-tokhranilishcha Dzhidinskogo GOKa* [Migration of toxic elements in the alluvial tailings of the Dzhida mining factory] // *Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh territorij. Ratsional'noe prirodopol'zovanie. Sovremennoe mineraloobrazovanie: Trudy V Vserossijskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem i XII Vserossijskikh Chtenij pamyati akad. A.E. Fersmana 10–12 dekabrya 2014 g.* Chita: Poisk, 2014. pp. 54–59. In Russian

Yurgenson G.A. *Problemy mineralologii geotekhnogeneza* [Problems of mineralogy geotechnogenesis] // *Rol' mineralogicheskikh issledovaniy v reshenii ekologicheskikh problem (teoriya, praktika, perspektivy razvitiya.) Materialy k Godichnomu sobraniyu VMO 2002 g.* Moskva, 28–30 maya 2002 g. Moscow, 2002. pp. 202–204. In Russian

Yurgenson G.A., Rusal' O.S. *Zhelezistyj ganningit kak produkt sovremennogo mineraloobrazovaniya v kar'ere Sherlovogorskogo olovo-polimetallicheskogo mestorozhdeniya (Yugo-Vostochnoe Zabajkal'e)* [Ferrous gunningite, a product of modern mineral formation in the quarry Sherlovogorsk tin-polymetallic deposit (South-Eastern Transbaikalia)] // *Litosfera*. 2014. №5. pp. 129–135. In Russian

Yurgenson G.A., Sergutskaya O.S. *Sul'faty magniya i tsinka v produktakh sovremennogo mineraloobrazovaniya iz vremennykh vodotokov na tekhnogenom delyuvii v pribrezhnoj zone vodoyoma Sherlovogorskogo kar'era* [Magnesium and zinc sulfates in products of modern mineral formation from temporary streams on technogenic deluvium in the coastal zone of the reservoir of the Sherlovogorsky open pit] // *Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh territorij. Sovremennoe mineraloobrazovanie: Trudy II Vserossijskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem i VIII Vserossijskikh chtenij pamyati akad. A.E. Fersmana 24–27 noyabrya 2008 g.* Chita, Rossiya. Chita, 2008. pp. 135–140. In Russian

Glukhova L.B., Frank Y.A., Danilova E.V., Avakyan M.R., Banks D., Tuovinen O.H., Karnachuk O.V. Isolation, Characterization, and Metal Response of Novel, Acid-Tolerant *Penicillium* spp. from Extremely Metal-Rich Waters at a Mining Site in Transbaikalia (Siberia, Russia) // *Microbial Ecology*. 2018. V. 76. Is. 4. pp. 911–924.

Kasatkin A.V., Klopotov K.I., Plášil J. Supergene Minerals of Sherlova Gora // *Mineralogical Almanac, Ltd.* Lakewood, CO80227, USA, 2014. V. 19. Is. 2. pp. 94–139.

Sergutskaya O. S., Yurgenson G.A. The modern magnesium and zinc sulphates of the Sherlovogorsk tin poly-metallic mine. Proceedings for the 8th International Symposium on Geological and Mineragenetic correlation in the Contiguous Regions of China, Russia and Mongolia., China Sep.21-28, 2009. p. 4–6.

Yurgenson G.A. Geotechnogenesis problems // *J. Geosci. Res. NE Asia [Changchun, China]*. 2004. V. 7. № 1. pp. 92–96.

Yurgenson G.A. and Yeriomin O.V. On the sequence and conditions of sulfates formation with different numbers of crystalline hydrate water in the landscape Sherlovogorsk mining district of the Southeast Transbaikalia, Russia // *Goldschmidt-2014 Abstracts*. 2014. p. 2811.

Yurgenson G.A., Kononov O.V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // *Famous Mineral Localities of Russia: Sherlova Gora* // *Mineralogical Almanac, Ltd.* Lakewood, CO80227, USA. 2014. V. 19. Is. 2. pp. 12–93.

Yurgenson G.A., Serhutskaia O.S. The modern magnesium and zinc sulphates of the Sherlovogorsk tin-poly-metallic mine // *Geology and Resources*. 2010. V.19. № 1. pp. 4–6.

Authors:

Yurgenson Georgiy A., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, professor, Chemistry department, Transbaikalian State University, Chita, Russia.

E-mail: yurga@mail.ru

Filenko Roman A., Junior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Orogenesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia.

E-mail: filrom@yandex.ru

УДК 549.755.31:543.5

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ АРСЕНАТАХ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА ШЕРЛОВОГОРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Р.А. Филенко¹, Г.А. Юргенсон¹, О.К. Смирнова²

¹ Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита

² Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ

Представлены результаты исследования минералогии зоны окисления в пределах Шерловогорской рудноформационной системы, включающей бериллий-висмут-олово-вольфрамовое в грейзенах и олово-полиметаллическое месторождения. Впервые опубликованы термограммы, дифрактограммы, данные ИК-спектроскопии и электронной микроскопии ряда арсенатов, таких как клиноклаз, сегнитит, Y-агардит, цинколиверит, фармакосидерит, метацейнерит, бетпакладит. Даны их локации, краткие описания и обсуждены данные инструментальных исследований.

Ключевые слова: Шерловогорский рудный район, рудномагматическая система, арсенаты, клиноклаз, Y-агардит, скородит, адамин, гипергенез, минералы.

Введение

Шерловогорский рудный район находится на юго-востоке Забайкальского края в 24 км к северо-западу от города Борзя (рис. 1). Шерловогор-

ская рудно-магматическая система, находящаяся в пределах данного района – это уникальный геологический объект, сочетающий в себе крупные месторождения ювелирных камней, цветных и редких металлов [Юргенсон, 2006].

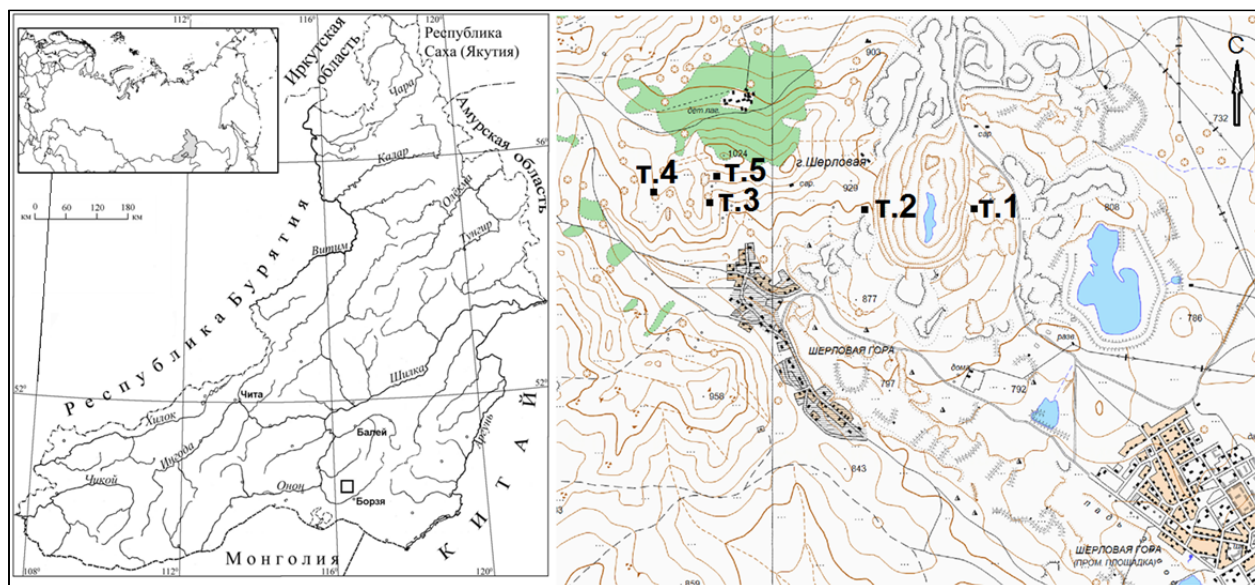


Рис. 1. Географическое положение Шерловогорского рудного района
(т. 1–т. 5 – места отбора проб, см. текст)

Fig. 1. Geographical location of Sherlovogorsk ore area. (т. 1–т. 5 – sampling sites, see text)

Согласно современным представлениям, месторождения, пространственно и генетически

связанные с Шерловогорской рудно-магматической системой, расположены на со-

членении краевой части Агинского жесткого массива, сложенного палеозойским вулканогенно-осадочно-метаморфическим комплексом, с мезозойскими отложениями Харанорской впадины [Онтеев, 1974; Гайворонский, 1995]. Шерловгорский гранитный массив кукульбейского комплекса юрского возраста, являющийся основой одноименной рудномагматической системы, приурочен к границе Агинской геоструктурной зоны и Аргунского срединного массива, контролируемой Шерловгорским разломом. Вмещающие породы представлены ниже-каменноугольной метаморфизованной песчаниково-сланцевой толщей, содержащей прослой эффузивов и известняков с фауной турне-визейского возраста. В ней находятся также интрузивы габбро-диоритов и диоритов, плагиогранитов и гранитов герцинского этапа [Yurgenson, Kononov, 2014].

Образование месторождения происходило в четыре стадии: грейзеновую, кварц-касситерит-турмалиновую, сульфидно-касситерит-хлоритовую и карбонат-галенит-сфалеритовую [Онтеев, 1974].

Разнообразный состав гипогенных минералов с высоким содержанием в них сульфидов и сульфоарсенидов обусловил в зоне гипергенеза образование широкого набора видообразующих компонентов гипергенных минералов. Так, в зоне окисления оловорудного карьера за счет преобразования минералов первичных руд (арсенопирит, галенит, пирит, халькопирит, сфалерит, пирротин и др.) сформировалась ассоциация катионов халькофильных и сидерофильных элементов, с которыми арсенатный анион $(AsO_4)^{-3}$ образует гипергенные соединения [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014].

Минералогия зоны окисления Шерловгорского рудного района изучалась многими исследователями на разных этапах его освоения и консервации [Ненадкевич, 1922; Доломанова, 1963; Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014; Yurgenson, Kononov, 2014]. Последняя сводка была сделана в 2014 г. в Минералогическом альманахе [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014], посвященном Шерловой Горе. В нем авторами проведено тщательное лабораторное изучение собранных образцов с применением электронно-зондового метода, монокристалльной и порошковой рентгенографии, инфракрасной и мессбауэровской спектроскопии. Исследования

этих авторов показали, что в зоне окисления Шерловгорского месторождения развита очень богатая и разнообразная по катионному составу (Pb, Fe, Cu и др.) арсенатная минерализация, источником вещества для формирования которой являются первичные минералы, широко распространенные на месторождении. Прежде всего, это сульфиды – арсенопирит, галенит, пирит, халькопирит. Среди гипергенных арсенатов наиболее распространен скородит. В последнее время в ассоциации с ним установлен рузвельтит [Солодухина, Юргенсон, 2018]. Он является висмутовым аналогом скородита и распространен преимущественно в зоне окисления бериллий-висмут-олово-вольфрамового месторождения, локализованного в апогранитных грейзенах. Кроме того, известны были филлипсборнит, карминит, дуфтит и другие сложные арсенаты [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014]. В списке, составленном исследователями по собственным данным, персональным сообщениям коллег и опубликованным в литературе сведениям, из 200 минеральных видов около половины (109) – это гипергенные минералы, но, как жалеют авторы, для 53 из них в литературе либо отсутствуют аналитические данные, либо их недостаточно для того, чтобы считать диагностику указанных минералов окончательной [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014]. Это же касается и арсенатов. Полученные новые результаты в ходе минералого-геохимических исследований Шерловгорского рудного района несколько восполняют этот пробел и уточняют выводы, сделанные нами ранее [Филенко и др., 2018].

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили образцы, отобранные в период 2010–2016 гг. при выполнении НИР лаборатории геохимии и рудогенеза ИПРЭК СО РАН на территории Шерловгорского рудного района. В общей сложности отобрано около 200 образцов горных пород и руд с гипергенной и гипогенной минерализацией. Мономинеральные фракции готовились из протокочек или соскабливались с поверхности образцов. Затем производилась их ручная доочистка под бинокуляр МБС-2. Для дальнейших анализов навески минералов истирались в яшмовой ступке.

Образцы исследованы методом порошковой дифракции на рентгеновском дифрактометре

D8 Advance (Bruker AXS, Германия) с радиусом гониометра 250 мм. Условия измерения: излучение – $\text{CuK}\alpha$, $V = 40$ кВ, $I = 40$ мА, зеркало Гёбеля, щели Соллера – 2,5 мм, сцинтилляционный счетчик, угловой диапазон: $3\text{--}65^\circ(2\theta)$, шаг сканирования – $0,02^\circ$, экспозиция – 1 с/шаг. Фазовый состав образцов расшифрован с помощью программы EVA (Diffrac^{plus}, PDF-2, 2007 г.). Съемка некоторых образцов проводилась на дифрактометре ДРОН-3.0 в Центре коллективного пользования «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН. Условия измерения: излучение – $\text{CuK}\alpha$, Ni – фильтр, $V = 25$ кВ, $I = 20$ мА, в диапазоне $3\text{--}65^\circ(2\theta)$, шаг сканирования – $0,05^\circ$, аналитик Д.С. Суворова.

При изучении порошковых препаратов гипергенных минералов применялся сканирующий электронный микроскоп LEO 1430VP (CarlZeiss, Германия) с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 350 (Oxford Instruments Analytical Ltd.) в ГИН СО РАН. Условия съемки – ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 0,3–0,4 нА, размер зонда $< 0,1$ мкм, время измерения 50 с (живое время). Ошибка анализа на сумму достигает 2–4 мас. % в зависимости от качества поверхности образца и особенностей его состава (аналитик Е.А. Хромова).

Инфракрасные спектры регистрировались в лаборатории ЗаБГУ на спектрофотометре FTIR-

8400S SHIMADZU, который регистрирует инфракрасные спектры пропускания исследуемых проб в диапазоне волновых чисел $4\,000\text{--}400\text{ см}^{-1}$, в таблетках KBr, оператор Д.А. Пузынин.

Синхронный термический анализ проводился на приборе STA 449 F1 Jupiter фирмы NETZSCH (Германия) в ИПРЭК СО РАН. Использовались платиновые тигли. Скорость нагрева во всех измерениях составляла $10^\circ\text{C}/\text{мин}$. Масса исследуемых навесок – 10–20 мг.

Результаты и их обсуждение

В образце (№ ШГ-15-13-1) окисленной руды, отобранном из отвалов в восточной части оловорудного карьера (GPS $N50^\circ32'47,98''$ $E116^\circ16'24,61''$, т. 1, рис. 1) были обнаружены прожилки толщиной до 5 мм, сложенные минералом бирюзово-синего цвета. Ранее нами были найдены подобные образцы в отвалах выветрелых вскрышных пород на южной дамбе хвостохранилища Шерловогорского ГОКа. Тогда визуально этот минерал был ошибочно принят за смесь азурита и малахита. Но позднее выяснилось, что в этих образцах наблюдается не карбонатная, а арсенатная минеральная ассоциация.

Рентгеноструктурным анализом исследуемого образца (рис. 2) был диагностирован редкий арсенат меди – *клиноклаз* $\text{Cu}_3[\text{AsO}_4](\text{OH})_3$.

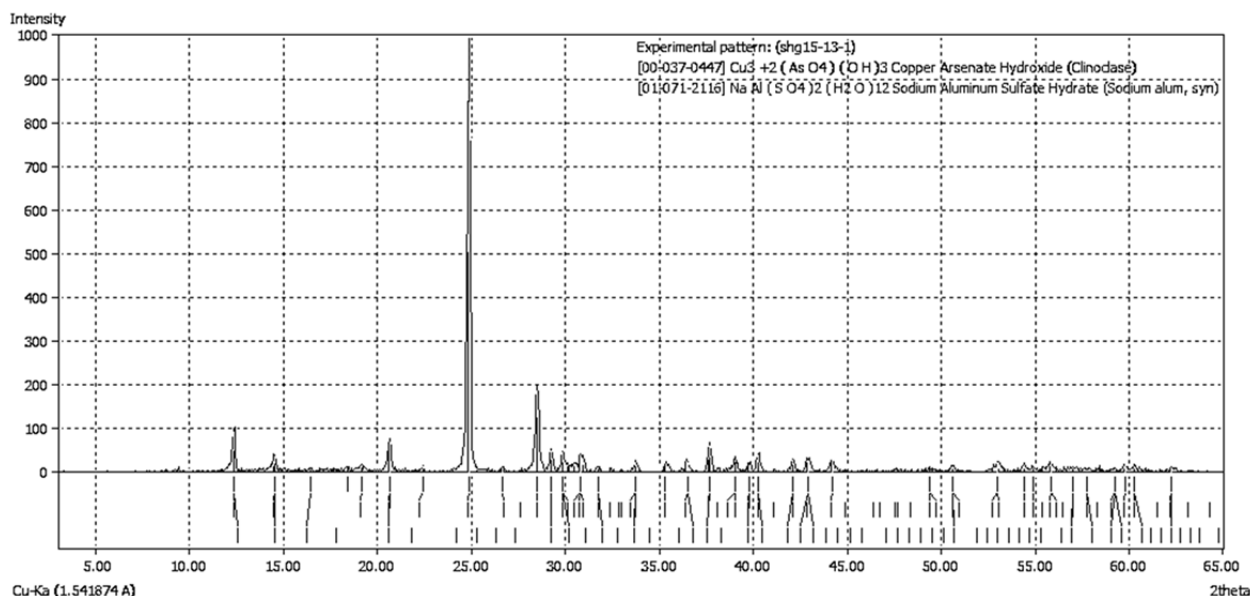


Рис. 2. Дифрактограмма клиноклаза, образец № ШГ-15-13-1

Fig. 2. The X-ray diffractogram of the clinoclase, sample № ShG-15-13-1

Основные линии на дифрактограмме (d/n , [Å]): 3,59; 3,14; 4,32; 2,91; 2,89; 2,39. Рассчитанные параметры элементарной ячейки клиноклаза с моноклинной сингонией: $a = 12,395(1)$, $b = 6,460(1)$, $c = 7,269(1)$ Å, $\beta = 99,54(1)^\circ$, $V = 573,99(3)$ Å³. Как примесь, возможно, присутствуют натриевые квасцы. Ранее клиноклаз был предположительно диагностирован известным российским минералогом В.И. Степановым (персональное сообщение) [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014] в образцах с

Южного отвала оловорудного карьера, но эта находка не подтверждена какими-либо опубликованными аналитическими данными.

Методами электронной растровой микроскопии и электронно-зондового микроанализа также был подтвержден химический состав клиноклаза, близкий к стехиометрическому (%): CuO – 62,7; As₂O₅ – 30,2. Изоморфные примеси не выявлены. Имеется слабое загрязнение SiO₂ до 1% (рис. 3).

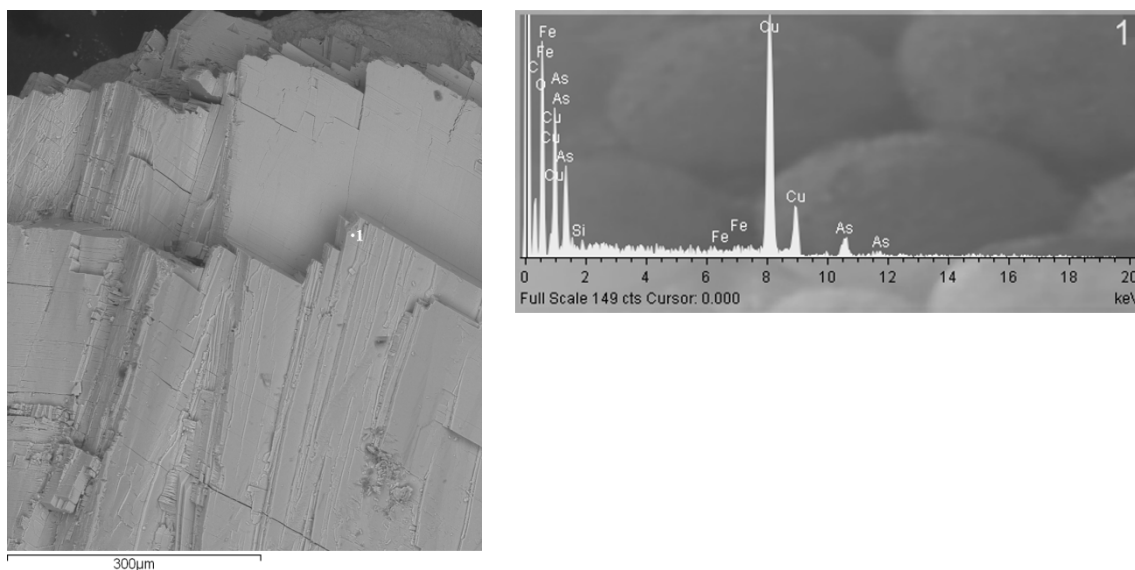


Рис. 3. Поверхность спайности клиноклаза и спектр элементов в точке 1. Изображение BSE, съемка в режиме VP (регулируемое давление)

Fig. 3. The cleavage surface of the clinoclase and the spectrum of elements at point 1. Image BSE, shooting in VP (variable pressure) mode

Минерал был также изучен методами ИК-спектроскопии и термического анализа для получения данных о содержании воды. Результаты подтвердили принадлежность минерала основному арсенату меди – клиноклазу. ИК-спектр очень хорошо сопоставим с опубликованными спектрами [Электронный... 2018]. Четко видны полосы воды в интервале 3 600–3 200 см⁻¹. Основные волновые числа максимумов полос в ИК-спектре: 3 555, 3 343, 2 218, 1 115, 1 082, 986, 862, 833, 777, 617, 549, 523, 459 см⁻¹.

На термограмме клиноклаза хорошо видны ступень дегидратации и синхронный с ней эндотермический пик с максимумом при 440°C (рис. 4). В сумме потеря массы при дегидратации составила около 7%, что сопоставимо с идеальным теоретическим составом. При

дальнейшем нагревании следует четкий экзотермический пик при 600°C, связанный с кристаллизацией безводного арсената меди. При более высоких температурах наблюдается еще одна ступень потери массы, связанная с разложением медного арсената. По перегибу на кривой ДСК видно, что это разложение также происходит поэтапно и продолжается при температуре выше 1 000°C. Кривая ДТГ аналогично показывает, что разложение арсената меди в конце измерения не завершилось, так как скорость потери массы не равна нулю. Остаточная масса (86,2%) также далека от рассчитанного теоретического значения (62,7%).

Летом 2014 г. были обследованы отвалы (GPS N50°32'51,07" E116°15'45,25", т. 2, рис. 1) у юго-западного борта карьера оловополиме-

таллического месторождения, где благодаря физическому выветриванию вскрышных горных пород широко представлена арсенатная минерализация. Визуально скопления арсенатов легко обнаружить по зеленым, реже бурым прожилкам, коркам и щеткам по поверхности

или в полостях при раскалывании вмещающих их горных пород. Здесь нами выявлены как довольно распространенные *Y-агардит* $(Y,Ca)Cu_6[AsO_4]_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$, *сегнитит* $PbFe_3[AsO_4]_2(OH)_5(H_2O)$, так и весьма редкий *цинколиверит* $CuZn[AsO_4](OH)$ (рис. 5).

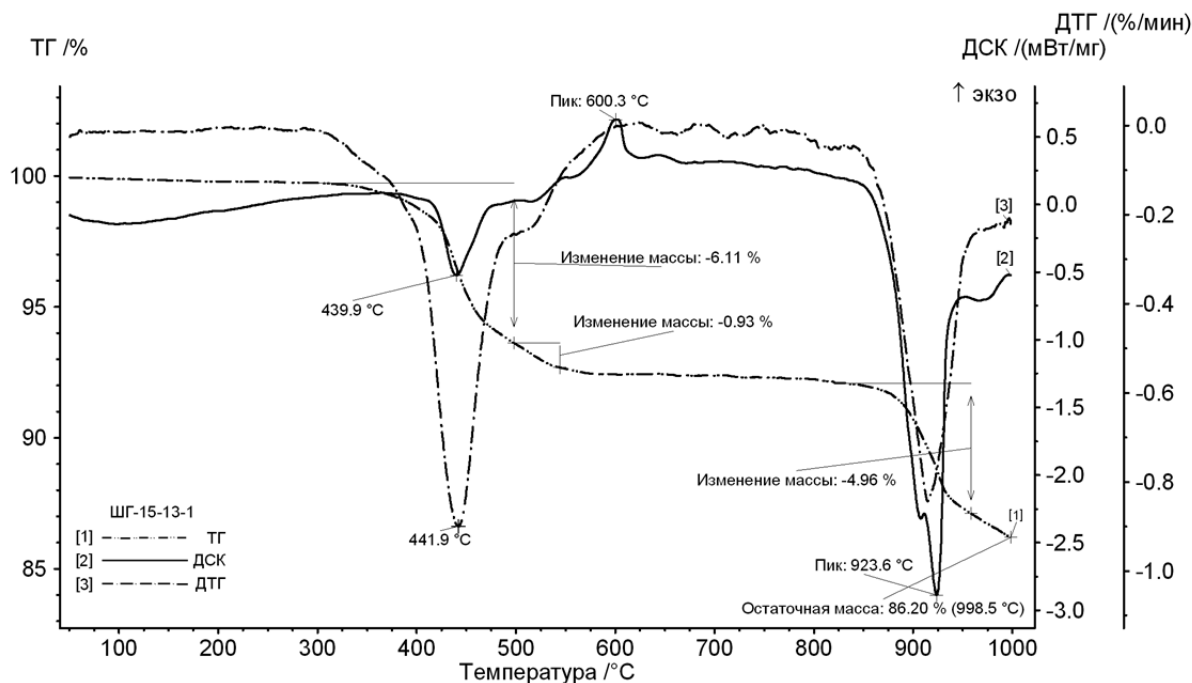


Рис. 4. Термограмма клиноклаза, образец № ШГ-15-13-1

Fig. 4. Thermogram of the clinoclase, sample № ShG-15-13-1

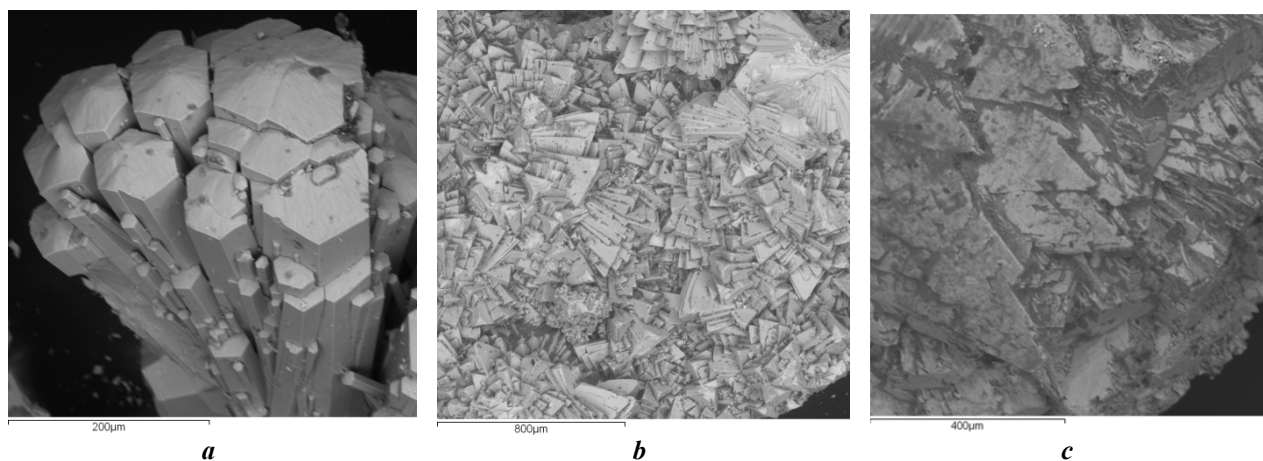


Рис. 5. Агрегаты кристаллов *Y-агардита* (a), *сегнитита* (b), *цинколиверита* (c).
Съемка в режиме VP (регулируемое давление)

Fig. 5. Aggregates of crystals of *Y-agardite* (a), *segnitite* (b), *zincolivenite* (c).
Image BSE, shooting in VP (variable pressure) mode

Последний первоначально был диагностирован рентгеноструктурным анализом как *адамит* $\text{Zn}_2[\text{AsO}_4](\text{OH})$ из-за близости линий и параметров элементарной ячейки этих минералов, на что указывали авторы [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014]. Цинколиверит образует сферолитовые радиально-лучистые агрегаты размером 1–4 мм. Ассоциирует с агардитом, коронадитом, гетитом, реже клиноклазом. Данные микрозондового анализа показали, что отношения $\text{Zn}:\text{Cu}$ меняются от 1 до 0,2. Параметры элементарной ячейки: $a = 8,409(2)$; $b = 8,508(2)$; $c = 6,036(1)\text{Å}$; $V = 431,8(3)\text{Å}^3$. Основные волновые числа максимумов полос на ИК-спектре: 3 471, 1 610, 1 067, 1 043, 854, 785, 534, 451 см^{-1} . На некоторых спектрах, изученных нами образцов, в диапазоне 1 500–1 700 см^{-1} полосы поглощения воды отсутствуют, на что указывают и другие исследования цинколиверита [Chukanov et al., 2007].

Термограммы монофракций цинколиверита в целом сходны с опубликованными ранее [Иванова и др., 1974]. До температуры 550°C

минерал термостабилен (рис. 6). При температуре около 580°C зафиксирована максимальная скорость выхода гидроксильной воды, общее количество которой в исследуемом образце, согласно ТГ-кривой, близко к теоретическому содержанию в адамите – 3,14%. При дальнейшем повышении температуры и уменьшении скорости потери массы до нулевых значений (ДТГ-сигнал), на кривой ДСК наблюдается небольшой экзотермический пик при 637°C, свидетельствующий о кристаллизации безводного арсената цинка и меди. Нагрев пробы цинколиверита до более высокой температуры не проводился, так как предварительные испытания показали, что происходит расплавление вещества и есть опасность загрязнения не только тигля, но и держателя образцов.

В образцах из берилл-кварц-топазовой жилы с арсенопиритом и продуктами его окисления в районе копи Новикова (GPS N50°33'05,80" E116°14'39,70", т. 5, рис. 1) исследован образец (обр.ШГ-16-ЖМ) шестоватых и гроздевидных агрегатов желто-зеленого цвета (рис. 7).

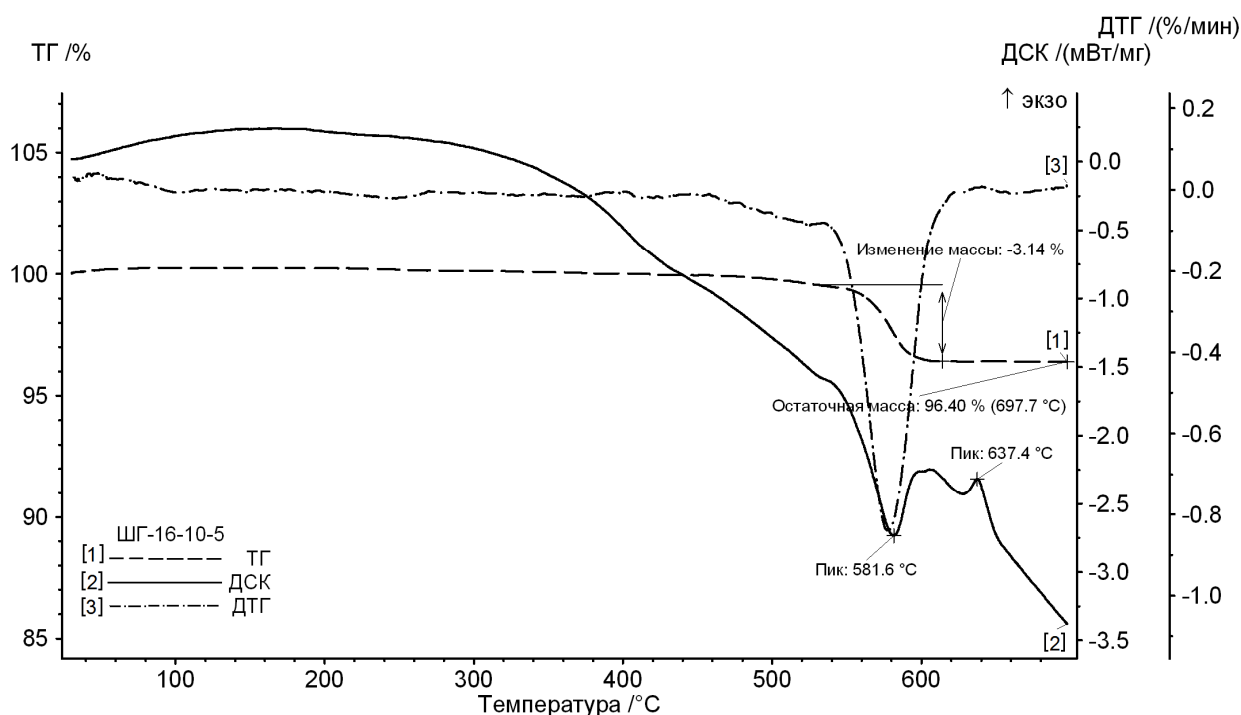


Рис. 6. Термограмма цинколиверита, образец № ШГ-16-10-5

Fig. 6. Thermogram of the zincolivenite, sample № ShG-16-10-5

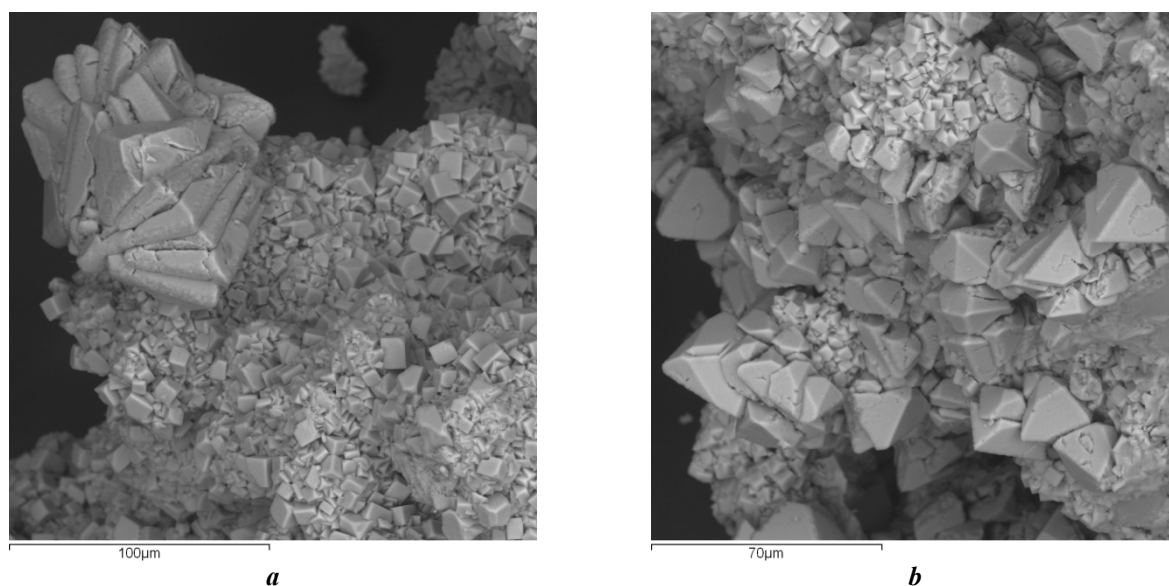


Рис. 7. Агрегаты кубических (а) и преимущественно октаэдрических (b) кристаллов фармакосидерита. Изображение BSE, съемка в режиме VP (регулируемое давление)

Fig. 7. Aggregates of cubic (a) and predominantly octahedral (b) crystals of the pharmacosiderite. Image BSE, shooting in VP (variable pressure) mode

Рентгеноструктурным анализом определено, что основной фазой является *фармакосидерит* $\text{KFe}_4[\text{AsO}_4]_3(\text{OH})_4 \cdot 6\text{--}7\text{H}_2\text{O}$ в ассоциации со скородитом, гетитом и ярозитом. Микронзондовый анализ подтвердил состав фармакосидерита, выявив в составе основных катионов только калий и железо.

Термический анализ показал, что общее содержание воды в минерале близко к теоретическому (около 16%). На начальном этапе нагревания наблюдается плавная потеря кристаллизационной воды, которая полностью завершается при 240°C (рис. 8). Далее в интервале температур 350–500°C наблюдается выход гидроксильной воды. Интенсивный экзотермический пик указывает на кристаллизацию фаз безводных арсенатов вследствие выхода кристаллизационной и гидроксильной воды из структуры фармакосидерита.

Нахождение фармакосидерита в числе минералов зоны окисления месторождений Шерловой Горы упоминается многими исследователями, но авторами последней сводки [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014] указывается, что это не подтверждено достоверными аналитическими данными.

Еще одними изначально ошибочно определенными минералами для зоны окисления

Шерловгорского рудного района являются *метацейнерит* и *бетпакдалит*, принимавшиеся ранее за торбернит и ферримолибдит соответственно.

Образцы *метацейнерита* $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ отобраны на участке Мелехинская Сопка из отвалов новой выработки местных старателей (GPS N50°32'54,45" E116°14'36,83", т. 3, рис. 1). Минерализация приурочена к телу кварц-топазового грейзена с ферберитом, чаще в ассоциации со светло-зеленым флюоритом и голубоватым топазом. Метацейнерит образует на обохренной поверхности трещин слюдоподобные тонкочешуйчатые квадратные агрегаты светло-зеленого до изумрудного цвета размером до 10 мм. Термический анализ показал близкую к расчетной потерю массы при дегидратации: 13,48% фактическая потеря против 14,05% теоретической. ДСК-кривая в общих чертах сопоставима с опубликованной [Амбарцумян и др., 1961] кривой ДТА метацейнерита (рис. 9).

В интервале температур 40–200°C наблюдаются три эндотермических прогиба с максимумами при 117, 146 и 183°C. Исследования показали, что одна молекула воды удаляется уже при 20–50°C, две молекулы – при 50–75°C, еще

две – при 75–100°C и 2,5 молекулы при 100–200°C. Оставшиеся 0,5 молекулы воды удаляются постепенно в температурном интервале

200–500°C. Отмечено, что первые три молекулы имеют цеолитовый характер [Амбарцумян и др., 1961].

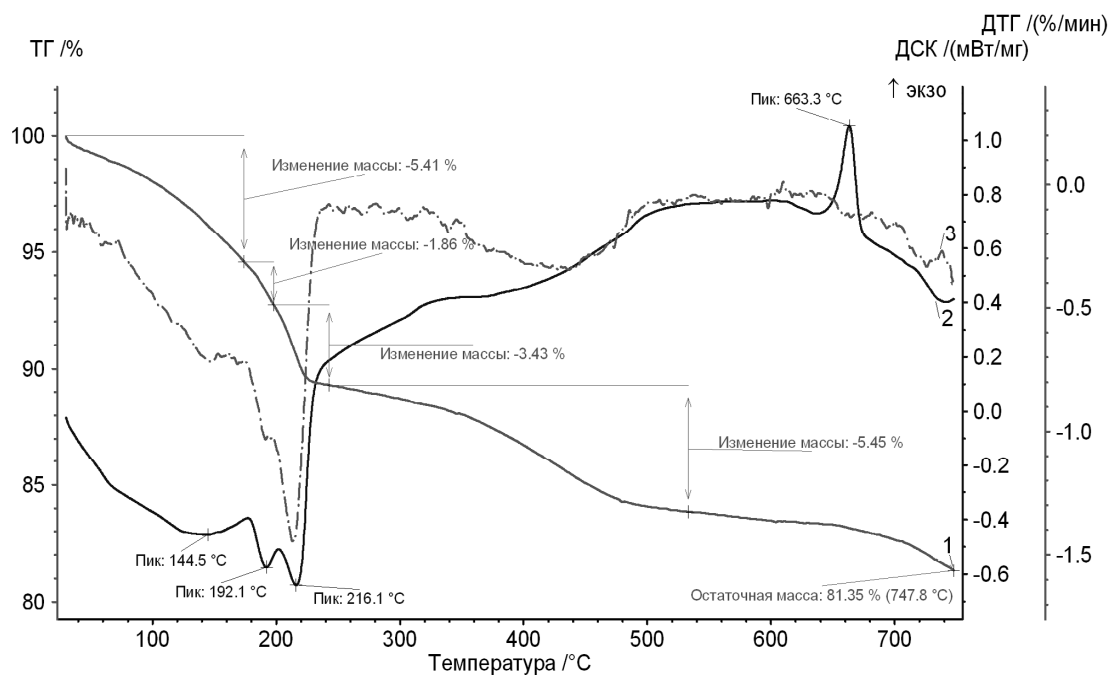


Рис. 8. Термограмма фармакосидерита: ТГ (1), ДСК (2), ДТГ (3) кривые

Fig. 8. Thermogram of the pharmacosiderite: TG (1), DSC (2), DTG (3) curves

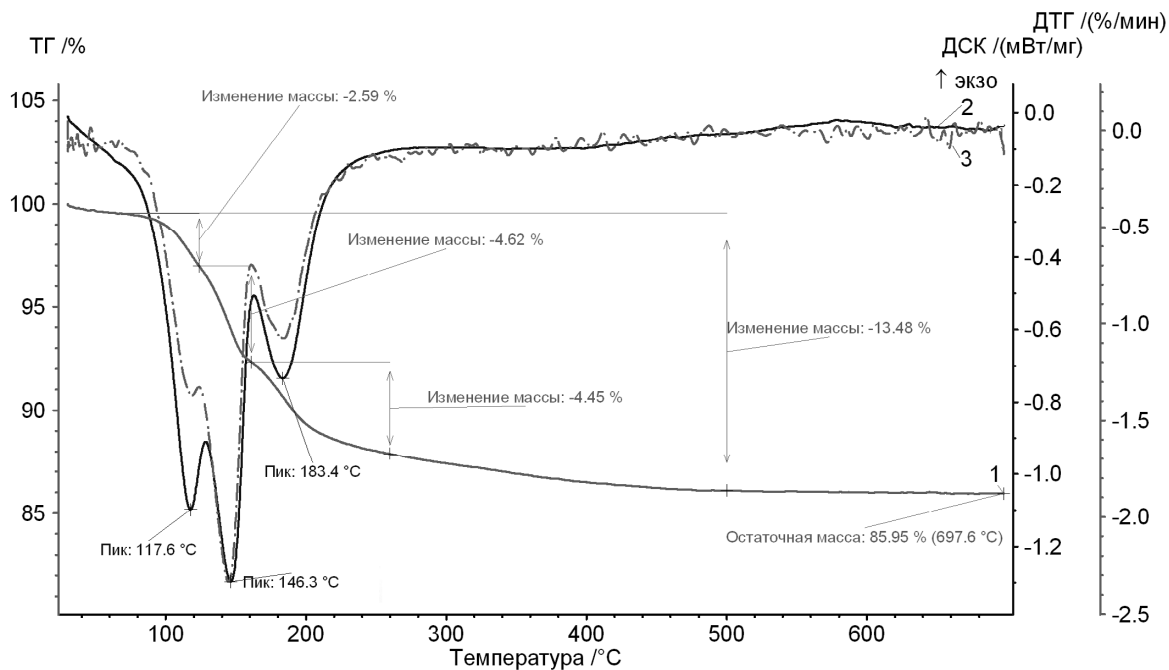


Рис. 9. Термограмма метацейнерита: ТГ (1), ДСК (2), ДТГ (3) кривые

Fig. 9. Thermogram of the metazeunerite: TG (1), DSC (2), DTG (3) curves

ИК-спектр исследуемого метациейнерита показал хорошую сопоставимость с опубликованным спектром цейнерита [Болдырев, 1976]. На спектре четко видны полосы пропускания с максимумами 1 647, 2 935, 3 302 см^{-1} , обусловленными валентными колебаниями различно связанной воды в структуре минерала. Остальные волновые числа максимумов полос на ИК-спектре: 1 030, 937, 812, 690, 468 см^{-1} .

Бетпакдалит на Шерловой Горе развит преимущественно на участке Поднебесных (GPS N50°33'05,60" E116°14'15,25", т. 4, рис. 1) там, где проявлена совместно арсенопиритовая и молибденитовая минерализации. Молибденит и генетически связанный с ним бетпакдалит нахо-

дятся в сером кварце кварцевого грейзена, а также в небольших его полостях. Реже бетпакдалит встречается в ассоциации с бериллом и топазом, где он заполняет микротрещины в кристаллах этих минералов. Минерал был всесторонне описан в минералогическом альманахе, посвященном Шерловой Горе [Kasatkin, Klopotov, Plášil, 2014], где на основании данных химического состава выделены два члена группы бетпакдалита – бетпакдалит-СаСа и более редкий бетпакдалит-СаМg.

Проведя термический анализ образца бетпакдалита, нам не удалось получить хорошо сопоставимую термограмму (рис. 10) с опубликованными ранее данными других исследователей [Ермилова, Сендерова, 1961].

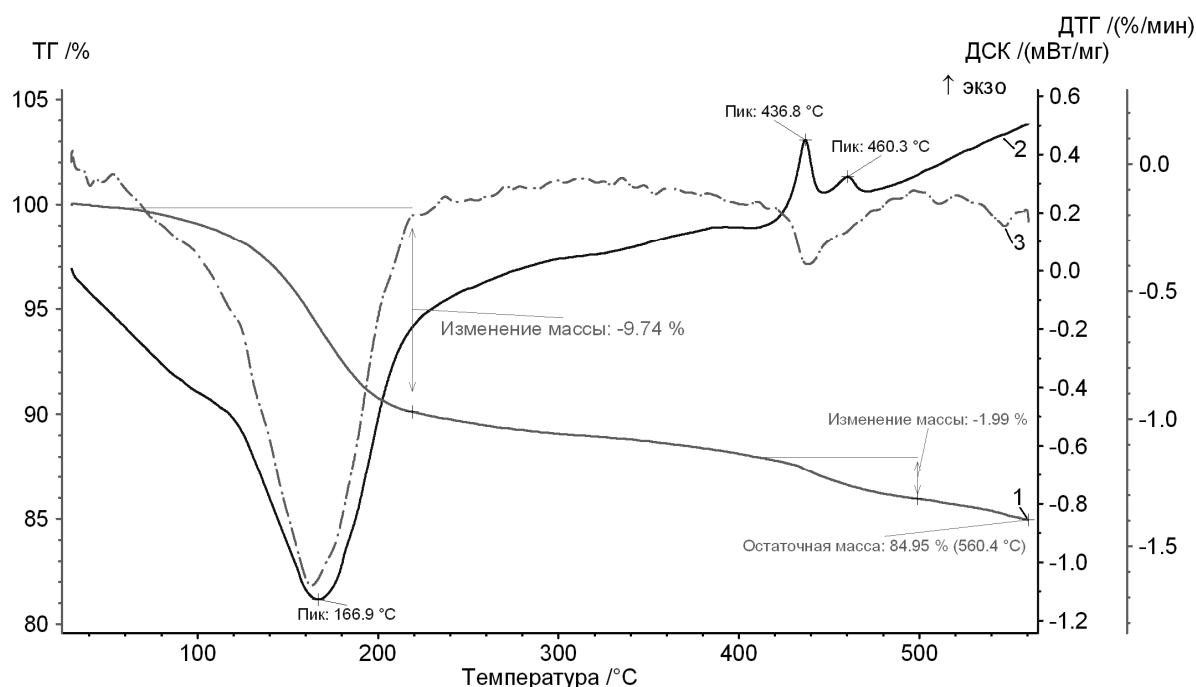


Рис. 10. Термограмма бетпакдалита: ТГ (1), ДСК (2), ДТГ (3) кривые

Fig. 10. Thermogram of the betpakdalite: TG (1), DSC (2), DTG (3) curves

Потеря массы до температуры 300°C, обусловленная дегидратацией, составила всего 10% против 19,3% теоретической. На кривой ДСК при температурах 436 и 460°C наблюдается двойной экзотермический пик, сопровождающийся потерей массы на кривой ДТГ и ТГ. Это указывает на то, что наблюдается не кристаллизация новых фаз, а идет процесс окисления первичных сульфидов, в данном случае молибденита, которым загрязнена проба. Этим, вероят-

но, и можно объяснить малую потерю массы на начальном этапе нагревания.

Выводы

1. Инструментальными методами дополнены сведения о широком развитии арсенатов в пределах зоны гипергенеза Шерловгорской рудно-магматической системы. Наряду с известным почти повсеместным присутствием скородита установлены и изучены арсенаты с пере-

менным содержанием меди – *Y-агардит* $(Y,Ca)Cu_6[AsO_4]_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$ и редкий *цинколи-венит* $Cu,Zn[AsO_4](OH)$, а также свинца и железа *сегнитит* $PbFe_3[AsO_4]_2(OH)_5(H_2O)$.

2. Наряду с известным ранее *адамитом* $Zn_2[AsO_4](OH)$ выявлен промежуточный медистый $(Cu,Zn)[AsO_4](OH)$ член ряда *адамит* – *оливинит*, что обусловлено присутствием в первичных рудах арсенопирита, халькопирита и сфалерита.

3. Установлено также присутствие *фармако-сидерита* $KFe_4[AsO_4]_3(OH)_4 \cdot 6-7H_2O$, являюще-гося арсенатным крайним членом ряда *ярозит* – *фармакосидерит*.

4. Особенностью зоны гипергенеза Шерло-вогорской рудно-магматической системы в ее

грейзеновой части является присутствие ура-нил-арсенатной фазы, представленной *мета-цейнеритом* $Cu(UO_2)_2[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$.

Авторы выражают благодарность Е.А. Хромовой (ГИН СО РАН) и Д.С. Суворовой (ИЗК СО РАН) за качественно проведенные аналитические работы с образцами минералов.

Работы выполнены с использованием оборудо-вания Центра коллективного пользования «Аналитический центр минералого-геохи-мических и изотопных исследований» ГИН СО РАН (Улан-Удэ).

Работа выполнена при финансовой под-держке гранта РФФИ 16-05-01041а.

Литература

- Амбарцумян Ц.Л., Басалова Г.И., Горжевская С.А., Назаренко Н.Г., Ходжаева Р.П.** Термические исследо-вания урановых и урансодержащих минералов. М. : Госатомиздат, 1961. 148 с.
- Болдырев А.И.** Инфракрасные спектры минералов. М. : Недра, 1976. 199 с.
- Гайворонский Б.А.** Шерловогорское месторождение // Месторождения Забайкалья. М. : Геоинформмарк, 1995. Т. 1, кн. 1. С. 130–133.
- Доломанова Е.И.** Свинцово-цинковая минерализация на некоторых касситерито-кварцево-сульфидных место-рождениях Восточного Забайкалья // Труды ИГЕМ. 1963. Вып. 16. С. 468–504.
- Ермилова Л.П., Сендерова В.М.** Бетпакдалит – новый минерал из зоны окисления вольфрамитового место-рождения Караоба // ЗВМО. 1961. Т. 90, № 4. С. 425–430.
- Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розинова Е.Л.** Термический анализ минералов и горных пород. Л. : Недра, 1974. 399 с.
- Ненадкевич К.А.** Очерк исследований висмутовых руд Забайкалья. Чита, 1922. С. 9–18.
- Онтоев Д.О.** Стадийность минерализации и зональность месторождений Забайкалья. М. : Наука, 1974. 244 с.
- Солодухина М.А., Юргенсон Г.А.** Мышьяк в ландшафтах Шерловогорского рудного района (Восточное За-байкалье). Чита : ЗабГУ, 2018. 176 с.
- Филенко Р.А., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К., Суворова Д.С.** Новые данные о минералогии зоны окисления Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование : тр. VII Всерос. симпозиума с междунар. участием и XIV Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана / Забайкал. гос. ун-т, Ин-т природных ре-сурсов, экологии и криологии СО РАН; [отв. ред. Г.А. Юргенсон]. Чита : ЗабГУ, 2018. С. 64–70.
- Электронный источник** база данных спектров комбинационного рассеяния, рентгеновской дифракции и дан-ных о химическом составе минералов. URL: <http://ruff.info/clinoclase/names/asc/R070092> (дата обращения: 27.01.2018).
- Юргенсон Г.А.** Минеральное сырье Забайкалья : учеб. пособие. Ч. I: Черные и цветные металлы. Чита : Поиск, 2006. 256 с.
- Chukanov N.V., Pushcharovsky D.Y., Zubkova N.V., Pekov I.V., Pasero M., Merlino S., Möckel S., Ra-badanov M.Kh., Belakovskiy D.I.** Zincolivenite $CuZn(AsO_4)(OH)$: a new adamite-group mineral with ordered distribu-tion of Cu and Zn // Doklady Earth Sciences. 2007. 415A. P. 841–845.
- Kasatkin A.V., Klopotov K.I., Plášil J.** Supergene Minerals of Sherlova Gora // Mineralogical Almanac, Ltd. Lake-wood, CO80227, USA. 2014. V. 19, is. 2. P. 94–139.
- Yurgenson G.A., Kononov O.V.** Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // Famous Mineral Local-ities of Russia: Sherlova Gora // Mineralogical Almanac, Ltd. Lakewood, CO80227, USA. 2014. V. 19, is. 2. P. 12–93.

Авторы:

Филенко Роман Андреевич, младший научный сотрудник, лаборатория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия.

E-mail: filrom@yandex.ru

Юргенсон Георгий Александрович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, лабора-тория геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия.

E-mail: yurgga@mail.ru

Смирнова Ольга Константиновна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, лаборатория гидрогеологии и геоэкологии, Геологический Институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия.

E-mail: meta@ginst.ru

R.A. Filenko¹, G.A. Yurgenson¹, O.K. Smirnova²

¹ Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

² Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia

NEW DATA ON MINERALOGY OF THE OXIDATION ZONE OF THE SHERLOVOGORSKY ORE AREA (EASTERN TRANSBAIKALIA)

The Sherlovogorsk ore district is located in the South-East of the Trans-Baikal Territory, 24 km north-west of the city of Borzja. The Sherlovogorsk ore-magmatic system, located within this region, is a unique geological object that combines large deposits of gemstone, non-ferrous and rare metals. Arsenopyrite, galena, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, pyrrhotite, bismuthinite, native bismuth, arsenic sulfosalts and other minerals are present in hypogenic ores. The diverse composition of hypogenic minerals containing arsenic led to the formation of a large number of arsenates in the hypergenesis zone. Among hypergenic arsenates, the most common is skorodit. Recently, in association with him, we established rooseveltite. It is a bismuth analog of the ferric oxide and is distributed mainly in the oxidation zone of the beryllium-bismuth-tin-tungsten deposit, which is localized in apogranite greisens. In addition, philipsbornite, carminite, duftite and other complex arsenates were known. This paper presents the results of a study of the mineralogy of the oxidation zone within the Sherlovogorsk ore-magmatic system, including the beryllium-bismuth-tin-tungsten in greisens and tin-polymetallic deposits. Thermograms, diffractograms, IR spectroscopy and electron microscopy data of a number of arsenates were first published. Their locations, brief descriptions are given, and the results of instrumental studies are discussed, which made it possible to establish almost universally widespread development of arsenates within the hypergenesis zone of the Sherlovogorsk ore-magmatic system. Along with the well-known almost ubiquitous presence of scorodite, arsenates with varying copper content – Y-agardite $(Y,Ca)Cu_6[AsO_4]_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$ and rare zincolivenite $Cu,Zn[AsO_4](OH)$ have been established and studied. Lead and iron arsenate was detected as segnitite $PbFe_3[AsO_4]_2(OH)_5(H_2O)$. Along with the previously known $Zn_2[AsO_4](OH)$ adamite, an intermediate cuprous $(Cu,Zn)[AsO_4](OH)$ member was found adamite – olivenite. This is due to the presence in the primary ores of the paragenetic association of arsenopyrite, chalcopyrite and sphalerite. The presence of pharmacosiderite $KFe_4[AsO_4]_3(OH)_4 \cdot 6-7H_2O$, which is an arsenate extreme member of the jarosite series – pharmacosiderite, has also been established. New data were obtained for two members of the betapacdalite group – betapacdalite-CaCa and the rarer betapacdalite-CaMg. A feature of the hypergenesis zone of the Sherlovogorsk ore-magmatic system in its greisen part is the presence of the uranyl-arsenate phase, represented by $Cu(UO_2)_2[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ metazeunerite.

Keywords: Sherlovogorsk ore region, ore-magmatic system, arsenates, klinoklaz, Y-agardite, skorodit, adamite, hypergenesis, minerals.

References

- Ambartsumyan Ts.L., Basalova G.I., Gorzhetskaya S.A., Nazarenko N.G., Khodzhaeva R.P. *Termicheskie issledovaniya uranovykh i uransoderzhashchikh mineralov* [Thermal studies of uranium and uranium-containing minerals]. Moscow : Gosatomizdat, 1961. 148 p. In Russian
- Boldyrev A.I. *Infrakrasnye spektry mineralov* [Infrared spectra of minerals]. M., «Nedra», 1976. 199 p. In Russian
- Gayvoronskiy B.A. *Sherlovogorskoe mestorozhdenie* [Sherlovogorsk ore deposit] // *Mestorozhdeniya Zabaykal'ya*. Moscow : Geoinformmark, 1995. t.1. kn. 1. pp. 130–133. In Russian
- Dolomanova E.I. *Svintsovo-tsinkovaya mineralizatsiya na nekotorykh kassiterito-kvartsevo-sul'fidnykh mestorozhdeniyakh Vostochnogo Zabaykal'ya* [Lead-zinc mineralization in some cassiterite-quartz-sulfide deposits in Eastern Transbaikalia] // *Trudy IGEM*. 1963. vyp.16. pp. 468–504. In Russian
- Ermilova L.P., Senderova V.M. *Betpakdalit – novyy mineral iz zony okisleniya vol'framitovogo mestorozhdeniya Karaoba* [Betpakdalite – a new mineral from the oxidation zone of the Karaoba wolframite deposit] // *ZVMO*. 1961. T.90. №4. pp. 425–430. In Russian
- Ivanova V.P., Kasatov B.K., Krasavina T.N., Rozinova E.L. *Termicheskij analiz mineralov i gornykh porod* [Thermal analysis of minerals and rocks]. Leningrad : Nedra, 1974. 399 p. In Russian
- Nenadkevich K.A. *Ocherk issledovaniy vismutovykh rud Zabaykal'ya* [Essay on studies of bismuth ores of Transbaikalia]. Chita, 1922. pp. 9–18. In Russian
- Ontoev D.O. *Stadiynost' mineralizatsii i zonal'nost' mestorozhdenij Zabaykal'ya* [The stadal nature of mineralization and zoning of Transbaikalia deposits]. Moscow: Nauka. 1974. 244 p. In Russian
- Solodukhina M.A., Yurgenson G.A. *Mysh'yak v landshaftakh Sherlovogorskogo rudnogo rayona (Vostochnoe Zabaykal'e)* [Arsenic in landscapes of the Sherlovogorsk ore region (Eastern Transbaikalia)]. Chita: ZabGU, 2018. 176 p. In Russian
- Filenko R.A., Yurgenson G.A., Smirnova O.K., Suvorova D.S. *Novye dannye o mineralogii zony okisleniya Sherlovogorskogo olovo-polimetallichesкого mestorozhdeniya* [New data on mineralogy of the oxidation zone of the Sherlovogorsk tin-polymetallic deposit (Eastern Transbaikalia)] // *Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh terri-*

toriy. Ratsional'noe prirodopol'zovanie. Sovremennoe mineraloobrazovanie: tr. VII Vseros. simpoziuma s mezhdunar. uchastiem i XIV Vseros. chteniy pamyati akad. A.E. Fersmana / Zabaykal. gos. un-t, In-t prirodnkh resursov, ekologii i kriologii SO RAN; [otv. red. G.A. Yurgenson]. Chita : ZabGU, 2018. pp. 64–70. In Russian

Project website containing an integrated database of Raman spectra, X-ray diffraction and chemistry data for minerals / <http://rruff.info/clinoclase/names/asc/R070092>

Yurgenson G.A. *Mineral'noe syr'e Zabaykal'ya* [Mineral raw materials of Transbaikalia]: Uchebnoe posobie. Chast' I. Chernye i tsvetnye metally. Chita: Poisk, 2006. 256 p. In Russian

Chukanov N.V., Pushcharovsky D.Y., Zubkova N.V., Pekov I.V., Pasero M., Merlino S., Möckel S., Rabadanov M. Kh., Belakovskiy D.I. Zincolivenite $\text{CuZn(AsO}_4\text{)(OH)}$: a new adamite-group mineral with ordered distribution of Cu and Zn // *Doklady Earth Sciences*. 2007. 415A. pp. 841–845.

Kasatkin A.V., Klopotov K.I., Plášil J. Supergene Minerals of Sherlova Gora // *Mineralogical Almanac*, Ltd. Lakewood, CO80227, USA, 2014. V. 19. Is. 2. P. 94–139.

Yurgenson G.A., Kononov O.V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // *Famous Mineral Localities of Russia: Sherlova Gora* // *Mineralogical Almanac*, Ltd. Lakewood, CO80227, USA. 2014. V. 19. Is. 2. P. 12–93.

Authors:

Yurgenson Georgiy A., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Chief Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, professor, Chemistry department, Transbaikalian State University, Chita, Russia.

E-mail: yurgga@mail.ru

Filenko Roman A., Junior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia.

E-mail: filrom@yandex.ru

Smirnova Olga K., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher, Laboratory of Hydrogeology and Geoecology, Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia.

E-mail: meta@ginst.ru

УДК 551.89

РЕКОНСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЧИТИНО-ИНГОДИНСКОЙ ВПАДИНЫ (ЗАБАЙКАЛЬЕ) В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

С.А. Решетова

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

На основе детальных палинологических исследований и радиоуглеродного датирования торфяных отложений Читино-Ингодинской впадины Забайкалья проведена реконструкция растительности в позднем голоцене. Реконструирована растительность, близкая по составу к современной, без значительных изменений в ее составе и крупных изменений климата.

Ключевые слова: палинология, торфяные отложения, Читино-Ингодинская впадина, поздний голоцен, радиоуглеродное датирование.

Введение

Читино-Ингодинская впадина расположена в Центральном Забайкалье между хребтами Яблоновый и Черского, охватывает бассейны рек Чита и Ингода. Состоит из двух частей: Ингодинской (длиной более 190 км) и Читинской (длиной более 70 км), которые в окрестностях г. Чита соединяются. По геологическому строению является протовпадиной, сложена горными породами осадочной и базальтоидной формаций. Сверху эти формации перекрыты кайнозойскими континентальными отложениями сравнительно небольшой мощности.

Заложение впадины относится к мезозою. Дальнейшее формирование происходило в неоген-четвертичное время. Днища наиболее приподняты на флангах (750–900 м абсолютной высоты) и постепенно снижаются к месту соединения до 637 м, до уреза р. Ингода. Ширина впадины колеблется от 2–4 до 25 км.

Характер сочленения бортов впадины со склонами хребтов преимущественно плавный [Кулаков и др., 2009]. Основную роль в рельефе впадины играют аллювиальные равнины на уровне поймы и первой надпойменной террасы [Уфимцев, Сизиков, 1974].

В долине р. Ингода крупные болота, имеющие значительную глубину и мощные отложения торфа, отсутствуют. Здесь распространены заболоченные земли, покрытые травяным и кустарниковым покровом с маломощными торфя-

ными отложениями, мощность которых не превышает 0,5 м.

По дендрологическому районированию район исследования относится к горно-лесной зоне Читинского округа [Бобринев, 2000]. В долине преобладают остепненные участки. Увалы и верховья хребтов заняты горной тайгой. На хребтах водоразделов 900–1 200 м господствует сосна, на северных склонах – лиственница Гмелина, по ручьям – береза. Плоская долина Ингоды и нижние части склонов заняты луговыми степями. Бывшие безлесные, ранее распаханнные участки зарастают травяно-кустарниковой растительностью.

Материалы и методы

Керн торфяных отложений отобран на правом берегу р. Ингода напротив села с одноименным названием в точке с координатами 51°50.408' с.ш., 113°09.701' в.д. (рис. 1).

Масса каждого изученного образца равнялась 5 г. Физико-химическая обработка выполнена с применением методики извлечения спор и пыльцы из ископаемого торфа [Петрова, Кондратене, Дедович, 1986]. Мощность изученных отложений составила 36 см (рис. 2).

Микроскопические исследования выполнены с помощью биологического микроскопа Zeiss Axio Lab (Германия). До глубины 18 см изучены каждые 5 мм отложений, с глубины 18 до 36 см – каждые 10 мм. Вместе с поверхностными пробами всего исследовано 55 образцов.



Рис. 1. Место отбора поверхностных проб и керна торфяных отложений (показано черной стрелкой)

Fig. 1. Place of sampling of surface samples and peat sediment cores (this is indicated by the black arrow)



Рис. 2. Керн торфяных отложений долины р. Ингода

Fig. 2. Peat core of the valley River Ingoda

Слайды просмотрены при увеличении в 400, 630 раз, на которых одновременно с подсчетом спор и пыльцы произведен учет диатомовых водорослей, устьиц хвойных растений и микроцестиц угля. Определение морфологических признаков пыльцевых зерен, спор и установление их таксономической принадлежности выполнены с помощью специальной литературы [Пыльцевой... 1950; Куприянова, Алешина, 1972; Куприянова, Алешина, 1978; Diagnostic... 1980], устьиц растений [Sweeney, 2004], панцирей диатомовых водорослей [Диатомовый... 1949, 1950].

При построении спорово-пыльцевой диаграммы (см. рис. 3) в группу разнотравья (Other herbs) вошла пыльца таксонов, которые установлены в незначительных количествах и не во всех спектрах. В группу включена пыльца таких семейств, как капустные, луковые, бобовые, валериановые, подорожниковые, мареновые, яснотковые, гвоздичные, колокольчиковые, синюховые, лилейные, гречишные.

При восстановлении облика растительного покрова учитывались данные о составе СПС поверхностных проб, данные о пыльцевой продуктивности растений, роли вертикальной поясности в распределении растительности, а также степени ее сохранности в ископаемом состоянии.

Процентное содержание каждого таксона рассчитано от суммы пыльцы наземной растительности без гидрофитов и спор. Процентное содержание спор, гидрофитов и створок диатомовых водорослей рассчитано от общего числа пыльцы и спор в образце.

Всего установлено 8 таксонов древесных растений, 6 кустарниковых, 45 таксонов кустарничковых, травянистых растений и мхов, 4 гидрофитов и 2 таксона диатомовых водорослей (табл. 1).

По торфяным разреза получены радиоуглеродные даты. Датирование выполнено в лаборатории палеогеографии и геохронологии четвертичного периода факультета географии и геоэкологии СПбГУ (см. табл. 2).

Результаты и обсуждение

Изучен состав субрецентных спорово-пыльцевых спектров почвенных отложений в непосредственной близости от разреза торфяных отложений в приустьевой части рек Какова и Дальняя Аمودовка (см. рис. 1).

В спектрах преобладает пыльца деревьев и кустарников: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), березы (*Betula alba*-type) и лиственницы (*Larix*), березки кустарниковой (*Betula nana*-type), ольховника (*Duschekia*), ивы (*Salix*), характеризуя склоновые таежные сосново-лиственничные леса со смешанным подлеском на региональном уровне. В меньшей степени обилия присутствует пыльца трав, свидетельствуя о наличии как лугово-болотных, так и лесостепных ассоциаций локальных группировок. Состав поверхностных проб адекватно отражает особенности состава современной растительности на зональном, региональном и локальном уровнях.

В результате детального палинологического изучения торфяных отложений установлено, что не все образцы были хорошо насыщены спорами и пылью. В интервале 6–10 см (рис. 3) выделены лишь единичные экземпляры пыльцы, не позволившие провести статистический анализ. В среднем обилие пыльцы и спор в каждом образце превышало 300 зерен. Это дало возможность произвести их статистическую обработку в программе Excel, а затем построить спорово-пыльцевую диаграмму.

Полный набор установленных таксонов растений в исследуемых торфяных отложениях представлен в табл. 1.

Результаты статистической обработки полученных результатов показали, что во всех спектрах доминирует пыльца древесных растений. Ее количество в среднем составляет 63%. Доминирует среди обилия пыльцы древесных видов растений пыльца сосны обыкновенной. Количество пыльцы лиственницы в спектрах в среднем не превышает 2%. Ель и пихта представлены единичными экземплярами пыльцевых зерен. В интервале 23–25 см в спорово-пыльцевых спектрах установлены единичные пыльцевые зерна ильма и липы. Количество пыльцы кустарников в спектрах составляет в среднем не более 6%. Представлены кустарниковые виды кедровым стлаником, ольховником, ивой, редкими зернами пыльцы облепихи. Среди трав и кустарничков, обилие которых в среднем составляет 30%, преобладает пыльца осоки. Постоянно присутствует пыльца полыни, маревых и злаков. Остальные таксоны представлены в меньшей степени обилия или единичными пыльцевыми зернами. Споры в спектрах торфяных отложений установлены редкими экземплярами или вообще отсутствуют.

Таблица 1

Таксоны растений, установленные в результате палинологических исследований торфяных отложений долины р. Ингода

Table 1

Plant taxa established as a result of palynological studies of peat deposits of the River Ingoda

№ п/п	Группы растений		Семейство, род, вид
1	Пыльца наземной растительности	Древесные	Ель <i>Picea obovata</i> , пихта <i>Abies</i> , лиственница <i>Larix</i> , сосна сибирская кедровая <i>Pinus sibirica</i> , сосна обыкновенная <i>P. sylvestris</i> , ильм <i>Ulmus</i> , береза древесная <i>Betula alba</i> -type, липа <i>Tilia</i>
2		Кустарники	Береза кустарниковая <i>Betula nana</i> -type, кедровый стланик <i>Pinus pumila</i> , душекия или ольховник <i>Duschekia</i> , ива <i>Salix</i> , облепиха <i>Hippophae</i>
3		Кустарнички и травы	Вересковые Ericaceae, рододендрон <i>Rhododendron</i> , эфедра <i>Ephedra</i> , полынь <i>Artemisia</i> , сложноцветные Asteraceae, тысячелистник <i>Achillea</i> , скабиоза <i>Scabiosa</i> , цикориевые Chicoriaceae, одуванчик <i>Taraxacum</i> , мордовник <i>Echinops</i> , амброзия <i>Ambrosia</i> , злаковые Poaceae, осоковые Cyperaceae, маревые Chenopodiaceae, лютиковые Ranunculaceae, василистник <i>Thalictrum</i> , лапчатка <i>Potentilla</i> , гречишные Polygonaceae, капустные Brassicaceae, гераниевые Geraniaceae, розоцветные Rosaceae, кровохлебка <i>Sanquisorba</i> , луковые Alliaceae, бобовые Fabaceae, володушка <i>Bupleurum</i> , зонтичные Apiaceae, валериана <i>Valeriana</i> , подорожник <i>Plantago</i> , подмаренник <i>Galium</i> , кипрейные Onagraceae, яснотковые Labiatae, гвоздичные Caryophyllaceae, колокольчиковые Campanulaceae, синюховые Polemoniaceae и лилейные Liliaceae
4	Гидрофиты		Рогоз <i>Typha</i> , частуха <i>Alisma</i> , ежеголовник <i>Sparganium</i> , рдест <i>Potamogeton</i>
5	Споровые растения		Сфагновый мох <i>Sphagnum</i> , плаун булавовидный <i>Lycopodium clavatum</i> , плаун темный <i>L. obscurum</i> , плаун годичный <i>L. annotinum</i> , гроздовник <i>Botrychium</i> , многоножковые Polypodiaceae, печеночный мох <i>Riccia</i> , бриевый мох <i>Bryales</i> (крупные формы), плаунок сибирский <i>Selaginella sibirica</i> , орляк <i>Pteridium</i>
6	Водоросли		Диатомовые: Пеннантные формы Pennatophyceae, Центрические формы (Centrophyceae).

Таблица 2

Результаты определения абсолютного возраста радиоуглеродным методом образцов торфяных отложений долины р. Ингода

Table 2

The results of determining the absolute age by the radiocarbon method of samples of peat deposits in the valley of the River Ingoda

Место отбора	Лабораторный номер	Описание	Радиоуглеродный возраст, лет	Калиброванный возраст (календарный), кал. лет
Долина р. Ингода	ЛУ-8973	Kakh-1, гл. 13–14 см, торф (очень малое количество образца)	1 300±200	1 220±200
	ЛУ-8974	Kakh-2, гл. 37–38 см, торф (очень малое количество образца)	1 320±210	1 240±220

Примечание: значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы «OxCal 4.2» (калибровочная кривая «IntCal 13»). Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

В верхнем сантиметровом слое отложений отмечены единичные экземпляры панцирей диатомовых водорослей (пеннантные формы), а в интервале глубин 11–36 см постоянно присутствовали центрические формы диатомей, обилие которых в среднем не превышало

2% от суммы пыльцы и спор в образце. По разрезу получены радиоуглеродные даты. Датирование выполнено в лаборатории палеогеографии и геохронологии четвертичного периода факультета географии и геоэкологии СПбГУ (табл. 2).

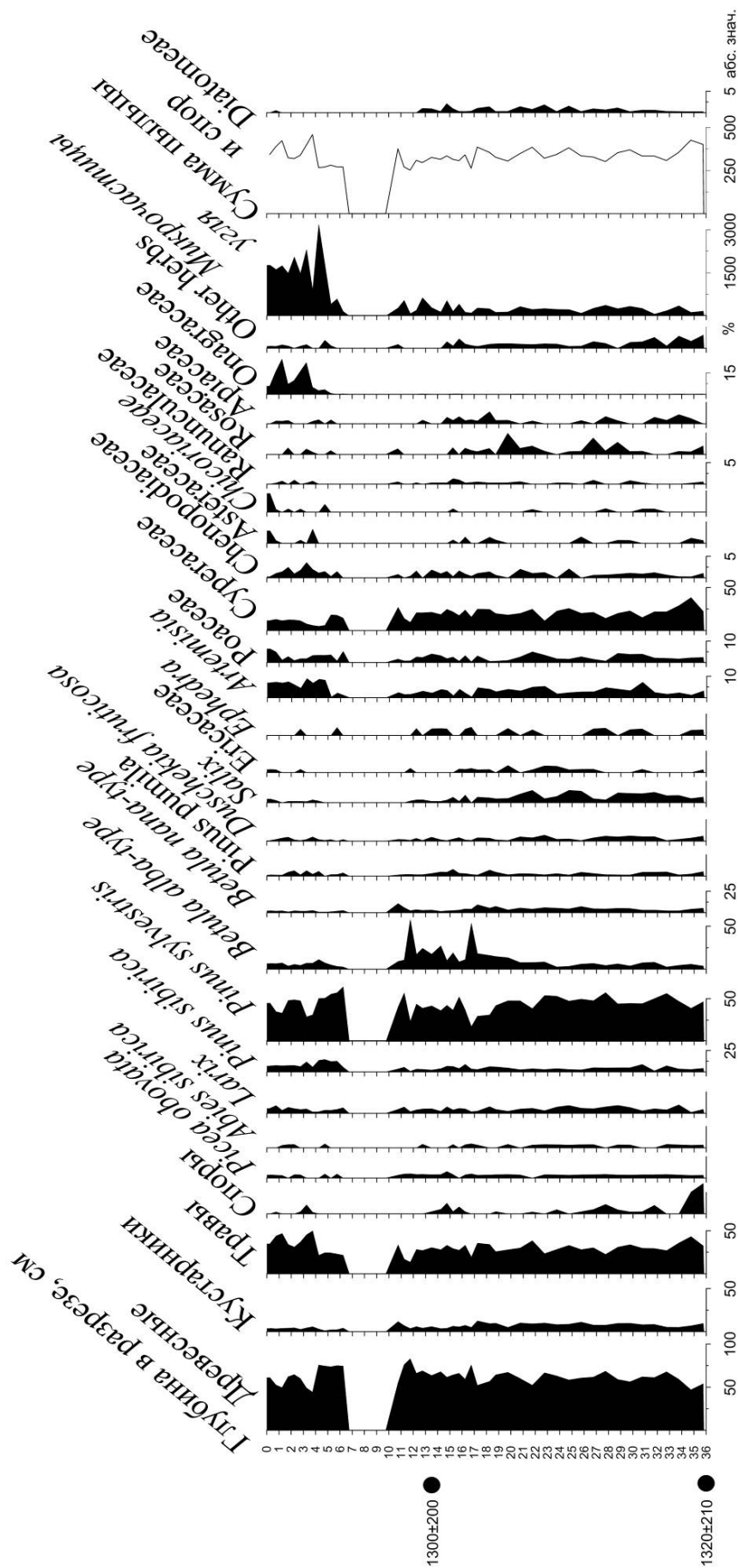


Рис. 3. Спорно-пыльцевая диаграмма торфяных отложений долины р. Ингода. Значения радиоуглеродного возраста ^{14}C

Fig. 3. Spore and pollen diagram of peat sediments of the valley River Ingoda. Radiocarbon age ^{14}C

По результатам исследования реконструируется растительность среднетаежных низкогорных ландшафтов, близкая по составу к современной, из сосны и лиственницы с участием березы. Постоянное присутствие в палинологическом мацерате устьиц иглоочек хвойных растений, чаще всего сосны, которые не переносятся на дальние расстояния, а оседают на поверхность вблизи растущих деревьев, в отличие от ее пыльцевых зерен, подтверждает постоянное наличие соснового леса на более высоких участках, но в непосредственной близости от формировавшихся отложений. Несмотря на невысокие содержания пыльцы лиственницы, присутствие даже такого количества пыльцы этих древесных растений свидетельствует об их значительном участии в составе растительности вблизи разреза. Такое заключение базируется на знании о степени представленности пыльцы лиственницы и ели в региональных спорово-пыльцевых спектрах [Мальгина, 1971; Bezrukova et al., 2005; Решетова 2018]. Во время формирования торфяного слоя в пойменной части Ингоды, как и в современном ее состоянии, развивались злаково-осоковые группировки. Присутствие в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы лютиковых, эфедры и полыни характеризует наличие пойменных и террасированных участков, занятых луговыми и лугово-степными ассоциациями.

В верхней части разреза зафиксировано повышенное содержание пыльцы кипрея – пионерного вида в растительности современных послепожарных сукцессий.

Его обилие совпадает с максимальными содержаниями микрочастиц угля в спектрах (рис. 3), также характеризующих верхнюю часть разреза, что вместе с визуальными наблюдениями (рис. 2) свидетельствует о наличии пожарных явлений, происходящих во время формирования верхнего пятисантиметрового слоя торфяных отложений. Из диаграммы видно, что пожар не повлиял на количество сохраненных в отложениях спор и пыльцы, установленное в каждом исследованном образце свыше 250 зерен.

Низкое содержание спор и пыльцы в интервале 6–10 см, возможно, объясняется наличием в этой части разреза крупных листоватых остатков растений и недостаточным количеством мелкого растительного детрита, более

пригодного для сохранения и удержания микроскопических фоссилий (рис. 2).

Не поддается логическому объяснению наличие единичных зерен пыльцы липы в отложениях на фоне постоянно доминирующих одних и тех же видов растений, что указывает на относительную стабильность природных условий и отсутствие резких климатических изменений во время формирования торфяного слоя. К тому же, в составе современной растительности липа не произрастает не только в пределах Читино-Ингодинской впадины, но и в целом в пределах всего Забайкалья (растет на Алтае и Дальнем Востоке). Поэтому, несмотря на хорошую сохранность пыльцевых зерен в СПС разреза, единичные пыльцевые зерна липы в СПС отнесены к привнесенным формам и не введены в состав спектров.

Палинологическая запись показала, что за время накопления торфяного слоя мощностью 36 см существенных изменений в составе региональной растительности впадины не происходило. Средняя и нижняя части разреза накапливались в более влажных климатических условиях, на что указывает увеличение в них влаголюбивых таксонов растений – ивы и осоки с постоянным присутствием диатомовых водорослей.

Заключение

В результате исследований была получена датированная палинологическая запись торфяных отложений долины р. Ингода. Реконструирована растительность за последние 1300–1500 лет, представленная светлохвойной растительностью. Установлено, что за время накопления торфяного слоя значительных изменений в составе реконструированной растительности не происходило.

Полученные данные хорошо согласуются с результатами межрегиональных корреляций по палинологическим данным, свидетельствующих о том, что в южных широтах Забайкалья темнохвойная растительность была замещена светлохвойной уже со вто-

рой половины среднего голоцена в период с 7 000 до 5 500 л.н. В позднем голоцене существенных изменений в составе лесной растительности и климата не происходило [Решетова, Безрукова, 2017].

Исследования выполнены по проекту СО РАН IX.137.1.1.

Литература

- Бобринев В.П.** Древесные растения Читинской области : учеб.-метод. пособие. Чита: Изд-во Читин. обл. тип., 2000. 194 с.
- Диатомовый анализ.** Книга 2. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядки Centrales и Mediales / А.Н. Криштофович. Л.: Росгеоллиздат, 1949. 238 с.
- Диатомовый анализ.** Книга 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядок Pennales / А.Н. Криштофович. Л.: Росгеоллиздат, 1950. 398 с.
- Куприянова Л.А., Алёшина Л.А.** Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 170 с.
- Куприянова Л.А., Алёшина Л.А.** Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Lamiaceae – Zygophyllaceae. Л.: Наука, 1978. 184 с.
- Кулаков В.С., Сеница С.М., Константинов М.В., Юргенсон Г.А.** Читино-Ингодинская впадина // Малая энциклопедия Забайкалья: Природное наследие / гл. ред. Р.Ф. Гениатулин. Новосибирск: Наука, 2009. С. 641–642.
- Мальгина Е.А.** Результаты спорово-пыльцевого анализа проб с поверхности почвы из Центральной Монголии // Палинология голоцена / М.И. Нейштадт. М.: Наука, 1971. С. 239–258.
- Петрова И.В., Кондратенко О.П., Дедович Г.С.** Методические рекомендации к технике обработки осадочных пород при спорово-пыльцевом анализе. Л.: ВСЕГЕИ, 1986. 76 с.
- Пыльцевой анализ** / гл. ред. И.М. Покровская. Л.: Госгеоллиздат, 1950. 570 с.
- Решетова С.А.** Субрецентные спорово-пыльцевые спектры юга Забайкальского края как методическая основа для реконструкций палеорастительности // География и природные ресурсы. 2018. № 1. С. 186–196.
- Решетова С.А., Безрукова Е.В.** Растительность и климат Забайкалья в позднеледниковье и голоцене (по палинологическим данным). Чита: ЗабГУ, 2018. 192 с.
- Уфимцев Г.Ф., Сизиков А.И.** Нагорья Центрального и Восточного Забайкалья и Олекминского Становика // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья / отв. ред. Н.А. Флоренсов. М.: Наука, 1974. С. 245–296.
- Bezrukova E.V., Abzaeva A.A., Letunova P.P., Kulagina N.V., Belov A.V., Orplova L.A., Danko L.V.** Post-glacial history of Siberian spruce (*Picea obovata*) in the Lake Baikal area and the significance of this species as paleo-environmental indicator // Quaternary International. 2005. V. 136. P. 18–32.
- Diagnostic characters of pollen grains of Japan** / J. Nakamura. Spec. Publ. Osaka Mus. Nat. Hist. 1980. V. 13. 90 p.
- Sweeney C.A.** A key for the identification of stomata of the native conifers of Scandinavia // Review of Palaeobotany and Palynology. 2004. V. 128. P. 281–290.

Author:

Решетова Светлана Александровна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия.
E-mail: srescht@mail.ru

Geosphere Research, 2018, 4, 56–63. DOI: 10.17223/25421379/9/6

S.A. Reshetova

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

RECONSTRUCTION OF VEGETATION CHITINO-INGODA DEPRESSION (TRANSBAIKALIA) IN THE LATE HOLOCENE

On the basis of detailed palynological studies and radiocarbon Dating of peat deposits Chitino-Ingoda depression of Transbaikalia, the reconstruction of vegetation in the late Holocene. The dated palynological record of peat deposits of the Ingoda river valley for the last 1300–1500 years is received. The vegetation of medium-taiga low-mountain landscapes close in composition to the modern one, represented by light coniferous taiga of pine and larch mixed with birch, was reconstructed. In all pollen spectra dominated by the pollen of Scotch pine. The amount of larch, spruce and fir pollen is insignificant, which is typical for the subrecent spectra of the study area. A permanent presence in the palynological macerate the stomata of needles of Scots pine confirmed throughout the time of the formation of permanent deposits of a pine forest in the higher areas, but in the vicinity of the cut. During the formation of the peat layer in the floodplain of Ingoda, as in its

current state, were developed cereal-sedge groups. The presence of Buttercup pollen, ephedra and wormwood in the palynological spectra characterizes the vegetation of floodplain areas occupied by meadow and meadow-steppe associations.

In the upper part of the section there is an increased content of cypress pollen – a pioneer species in the vegetation of modern post-fire successions. Its abundance coincides with the maximum content of coal microparticles in the palynological spectra, which also characterize the upper part of the section, which together with visual observations of the column of peat deposits indicates the presence of fire phenomena occurring during the formation of the upper five-centimeter layer.

The palynological record shows that during the accumulation of the peat layer there were no significant changes in the composition of the regional vegetation of the depression. The middle and lower parts of the section accumulated in more humid climatic conditions, as indicated by the abundance in the deposits of pollen grains of moisture-loving plant taxa – willow and sedge with the constant presence of diatoms.

The obtained data are in good agreement with the results of interregional correlations on the basis of palynological data, indicate that in the southern latitudes of the Baikal region in the period from 7000 to 5500 years ago coniferous vegetation has been replaced by a light forest from the second half of the middle Holocene, no significant changes in the composition of forest vegetation and climate in the future.

Keywords: *palynology, peat deposits, Chitino-Ingoda basin, late Holocene, radiocarbon dating.*

References

Bobrinev V.P. *Drevesnye rasteniya Chitinskoj oblasti* [Woody plants of Chita region]. Chita: Chitinskaya oblastnaya tipografiya, uchebno-metodicheskoe posobie, 2000. 194 p. In Russian

Diatomovyy analiz. Kniga 2. Opredelitel' iskopaemyh i sovremennyh diatomovyh vodoroslej. Poryadki Centrales i Mediales [Diatom analysis. Book 2. The determinant of fossil and modern diatoms. Orders Centrales and Mediales] / A.N. Krishtofovich. Leningrad : Rosgeolizdat, 1949. 238 p. In Russian

Diatomovyy analiz. Kniga 3. Opredelitel' iskopaemyh i sovremennyh diatomovyh vodoroslej. Poryadok Pennales [Diatom analysis. Book 3. The determinant of fossil and modern diatoms. The Order Pennales] / A.N. Krishtofovich. Leningrad : Rosgeolizdat, 1950. 398 p. In Russian

Kupriyanova L.A., Alyoshina L.A. *Pyl'ca i spory rastenij flory evropejskoj chasti SSSR* [Pollen and spores of plants of the flora of the European part of the USSR]. Leningrad : Nauka, 1972. T. 1. 170 p. In Russian

Kupriyanova L.A., Alyoshina L.A. *Pyl'ca dvudol'nyh rastenij flory evropejskoj chasti SSSR. Lamiaceae – Zygophyllaceae* [Pollen of dicotyledonous plants of the European part of the USSR. Lamiaceae–Zygophyllaceae]. Leningrad : Nauka, 1978. 184 p. In Russian

Kulakov V.S., Sinica S.M., Konstantinov M.V., Yurgenson G.A. *Chitino-Ingodinskaya vpadina* [Citino-Ingoda depression] // *Malaya ehnciklopediya Zabajkal'ya: Prirodnoe nasledie* / gl. red. R. F. Geniatulin. Novosibirsk : Nauka, 2009. pp. 641–642. In Russian

Mal'gina E.A. *Rezultaty sporovo-pyl'cevogo analiza prob s poverhnosti pochvy iz Central'noj Mongolii* [Results of spore-pollen analysis of soil surface samples from Central Mongolia] // *Palinologiya golocena* / M.I. Nejshtadt. Moscow : Nauka, 1971. pp. 239–258. In Russian

Petrova I.V., Kondratene O.P., Dedovich G.S. *Metodicheskie rekomendacii k tekhnike obrabotki osadochnyh porod pri sporovo-pyl'cevom analize* [Methodical recommendations to the technique of processing of sedimentary rocks at the Spore-pollen analysis]. Leningrad : VSEGEI, 1986. 76 p. In Russian

Pyl'cevoj analiz [Pollen analysis] / Gl. red. I.M. Pokrovskaya. Leningrad : Gosgeolizdat, 1950. 570 p. In Russian

Reshetova S.A. *Subrecentnye sporovo-pyl'cevyje spektry yuga Zabajkal'skogo kraja kak metodicheskaya osnova dlya rekonstrukcij paleorastitel'nosti* [Subrecent pollen spectra of the southern part of Zabaikalskii krai as a methodological basis for the reconstruction of paleovegetation] // *Geografiya i prirodnye resursy*. 2018. № 1. pp. 186–196. In Russian

Reshetova S.A., Bezrukova E.V. *Rastitel'nost' i klimat Zabajkal'ya v pozdnelednikov'e i golocene (po palinologicheskim dannym)* [Vegetation and climate of Transbaikalia in the Late Glacial and Holocene (on the basis of palynological data)]. Chita: ZabGU, 2018. 192 p. In Russian

Ufimcev G.F., Sizikov A.I. *Nagor'ya Central'nogo i Vostochnogo Zabajkal'ya i Olekminskogo Stanovika* [Highlands of Central and Eastern Transbaikalia and Olekminsky Stanovik] // *Nagor'ya Pribajkal'ya i Zabajkal'ya* / Otv. red. N.A. Florensov. Moscow : Nauka, 1974. pp. 245–296. In Russian

Bezrukova E.V., Abzaeva A.A., Letunova P.P., Kulagina N.V., Belov A.V., Orplova L.A., Danko L.V. Post-glacial history of Siberian spruce (*Picea obovata*) in the Lake Baikal area and the significance of this species as paleo-environmental indicator // *Quaternary International*. 2005. V. 136. pp. 18–32.

Diagnostic characters of pollen grains of Japan / J. Nakamura. Spec. Publ. OsakaMus. Nat. Hist., 1980. V. 13. 90 p.

Sweeney C.A. A key for the identification of stomata of the native conifers of Scandinavia // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2004. V. 128. pp. 281–290.

Author:

Reshetova Svetlana A., Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher, Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, SB RAS, Chita, Russia.

E-mail: srescht@mail.ru

ЮБИЛЕЙНАЯ ДАТА

УДК 913.1/913.8

ВКЛАД ТОМСКИХ ГЕОГРАФОВ В ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ СИБИРИ: К 95-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ГЕОГРАФИИ И 100-ЛЕТИЮ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ТОМСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА

Н.С. Евсеева, И.В. Козлова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В работе дана краткая история становления географического образования в Томском университете с момента его открытия до настоящего времени. Показан вклад ученых в познание природы Сибири. Кроме того, рассмотрены история образования кафедр географии, метеорологии, гидрологии, природопользования, краеведения и туризма, а также достижения выдающихся исследователей-географов в изучении компонентов природы Сибири – рельефа, мерзлоты, оледенений, климата, ландшафтов, гидрологии и др.

Ключевые слова: география, томские географы, исследование природы Сибири, юбилей.

В XIX в. систематической подготовки географов в университетах и других высших учебных заведениях России не было. География преподавалась как общеобразовательный предмет страноведческой направленности. В 1912 г. академик Дмитрий Николаевич Анучин, один из создателей отечественной географической школы, добился учреждения специальности «география», по которой началась подготовка специалистов-географов высшей школы [Земцов, 1993].

Позднее кафедры географии были открыты и в других университетах России. Это явилось новым периодом в развитии географического образования и оформления географии в самостоятельную науку. Не обошел данный процесс и Томский университет, официальное открытие которого состоялось 3 августа 1888 г.

Развитие географического образования в Томском университете за 1917–2017 гг. усилиями многих поколений географов привело к росту и формированию в нем мощного «Древа географии», у которого есть корни, могучие ствол и ветви.

Корни – основа жизни дерева. История их такова: в составе первого и единственного высшего учебного заведения в Сибири на единственном в то время медицинском факультете

было открыто несколько естественноисторических кафедр, на которые возлагалась важная научная миссия – изучение природы и естественных богатств Сибирского края. Среди них – кафедра физики с физической географией и метеорологией, которая стала родоначальницей будущих географических кафедр и становления географического образования в Томском университете.

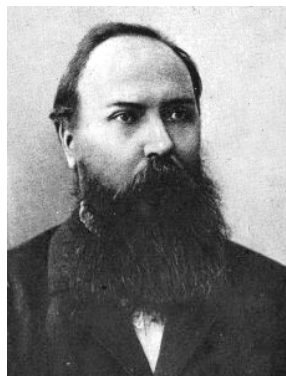
Географические исследования в нашей стране в течение 1888–1917 гг. осуществлялись естествоиспытателями (натуралистами) широкого профиля, выпускниками университетов. «Стоит вспомнить протекший период с момента основания университета ...», – писал в 1923 г. о роли Томского университета в научных исследованиях Сибири профессор В.В. Сапожников, – «... работа по изучению страны выпала на долю натуралистов, первоначально имевшихся лишь в составе медицинского факультета» [Литвинов, 2006, с. 72]. Среди ученых-натуралистов широко известны имена профессоров С.И. Коржинского, В.В. Сапожникова, П.Н. Крылова, Н.Ф. Кашенко, А.М. Зайцева, П.П. Пилипенко, Г.Э. Иоганзена и др.

В.В. Сапожников, российский ботаник, географ и путешественник, ректор Томского уни-

верситета, один из основателей гляциологических исследований на Алтае, где им открыты десятки новых ледников, а также в горах Монгольского Алтая, на Тянь-Шане, Джунгарском Алатау и др. Им проведены и палеогляциологические исследования: он проследил границы древнего оледенения в долинах рек Монголь-

ского Алтая и др. В.В. Сапожников первым взойшел на седло Белухи и определил ее высоту.

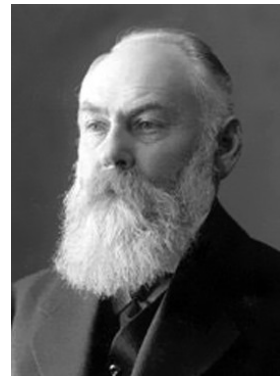
Н.А. Гезехус, Ф.Я. Капустин, А.П. Поспелов много сделали для организации метеорологических наблюдений в Сибири, занимались изучением ее климата, разработали ряд приборов и др.



**Профессор
С.И. Коржинский
(1861–1900)**



**Профессор
В.В. Сапожников
(1861–1924)**



**Профессор
П.Н. Крылов
(1850–1931)**



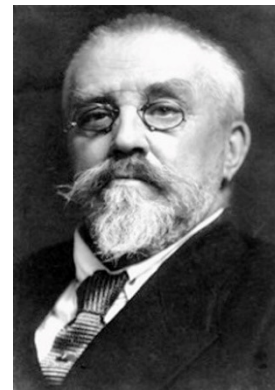
**Профессор
Н.Ф. Кашенко
(1855–1935)**



**Профессор
А.М. Зайцев
(1841–1910)**



**Профессор
П.П. Пилипенко
(1877–1940)**



**Профессор
Г.Э. Иоганзен
(1866–1930)**



**Профессор Н.А. Гезехус
(1845–1918)**



**Профессор Ф.Я. Капустин
(1856–1936)**



**Профессор А.П. Поспелов
(1875–1949)**



Древо географии

Ствол и ветви географии. После открытия кафедр на каждой из них стали проводиться исследования, внесшие неоценимый вклад в изучение природы Западной Сибири, гор Южной Сибири и других районов Сибири. Вследствие этого необходимо кратко охарактеризовать деятельность каждой из кафедр и выдающихся представителей географической науки.

Кафедра географии. Необходимые условия для проведения комплексных географических исследований в стране создаются после Октябрьской революции, когда началась массовая подготовка специалистов-географов высшей квалификации. В 1917 г. в состав физико-математического факультета Томского университета была передана кафедра физики с физической географией и метеорологией, а в 1922 г. организуется географическое отделение и создаются две кафедры: географии и физики с геофизикой. Первым профессором кафедры географии и антропологии (1919–1921 гг.) был Сергей Иванович Руденко, научные интересы которого были связаны с археологией, этнографией и антропологией. Под его руководством был определен профиль кафедры и устроен географический кабинет. Им были открыты и изучены Пазырык-

ские курганы на Алтае. В 1964 г. С.И. Руденко был награжден Русским географическим обществом золотой медалью имени П.П. Семёнова-Тян-Шанского [Руденко...]. Профессор С.И. Руденко и его ассистенты, преподаватели кафедры А.К. Иванов и С.А. Теплоухов, способствовали развитию в Томском университете географии, археологии и этнографии.

Первый пятилетний план развития народного хозяйства СССР стимулировал развитие комплексных исследований Сибири. Для их осуществления была начата подготовка высококвалифицированных кадров, в том числе и географов. С 1931 г. в Томском университете стали готовить физико-географов, экономико-географов, специалистов-североведов. Заведующий кафедрой экономической географии Е.Д. Прозоров одним из первых выполнил комплексные исследования бассейна р. Васюган – левого притока р. Оби, и дал его экономико-географическую характеристику, высоко оцененную Н.Н. Баранским. Впоследствии Е.Д. Прозоров – автор и редактор ряда учебников для высших учебных заведений. А с 1948 по 1974 г. он работал в Минвузе СССР и ВАК [Земцов, 1993].



Доцент А.К. Иванов
(1886–1937)



Доцент С.А. Теплоухов
(1888–1934)



Профессор С.И. Руденко
(1885–1969)



Герой Советского Союза
А.И. Шишкин, выпускник
кафедры географии
(1910–1969)

За 1931–1951 гг. было выпущено более 200 экономико-географов для плановых организаций и различных отраслей народного хозяйства Сибири. В связи с Постановлением СНК СССР ЦК ВКП (б) от 16 мая 1934 г. «О преподавании географии в начальной и средней школе СССР» Наркомпрос РСФСР в 1939 г. дал распоряжение о выделении географической специальности из геолого-почвенно-географического факультета в отдельный факультет с учреждением кафедр: физической географии (зав. кафедрой профессор Г.Г. Григор); экономической географии (зав. кафедрой доцент А.И. Абрамова); метеорологии и гляциологии (зав. кафедрой доцент М.В. Тронов); гидрологии суши (зав. кафедрой доцент Н.И. Масленников); геодезии и картографии (зав. кафедрой ст. преп. П.И. Мартынов).

Но вскоре началась Великая Отечественная война (ВОВ). Уже 23 июня на фронт из ТГУ отправились первые 77 преподавателей и студентов. В годы ВОВ группы студентов были малочисленны – по 10–15 человек. Многие преподаватели и студенты шли добровольцами в армию и сражались на разных фронтах – И.Е. Параев, Л.Н. Ивановский, В.И. Русанов, И.С. Лобурцев, П.Д. Князев, Ф.А. Гутов и многие другие.

Среди выпускников-географов кафедры географии есть Герой Советского Союза – Александр Иванович Шишкин, награжденный за мужество при форсировании Днепра у п. Балыки Киевской области. Рота под командованием гвардии лейтенанта А.И. Шишкина не только преодолела реку под непрерывным артиллерийско-

минометным и пулеметным огнем, но и нанесла большой урон яростно сопротивлявшимся силам противника. В Лагерном саду г. Томска у Мемориала Славы на стеле Героев Советского Союза высечено имя А.И. Шишкина. После Великой Отечественной войны А.И. Шишкин 20 лет преподавал географию – его любимый предмет.

После ВОВ вновь началось исследование природы Сибири. Наиболее крупный и яркий след в исследованиях и истории кафедры географии оставили многие ученые – профессора Г.Г. Григор, А.А. Земцов, Л.Н. Ивановский, П.А. Окишев и др.

Григорий Григорьевич Григор (1984–1960) – выпускник естественного отделения физико-математического факультета университета св. Владимира в г. Киеве. После его окончания неоднократно выезжал за границу, посетил Германию, Швейцарию, Италию, Францию, Бельгию, Австро-Венгрию, Англию, США, Канаду. Весьма интенсивно занимался он и изучением географии России, совершив экспедиции на Таманский полуостров, восточное побережье Каспия, в Аджарию, на Мурманское побережье, Соловецкие острова, Новую Землю и др.



Профессор Г.Г. Григор (1984–1960)

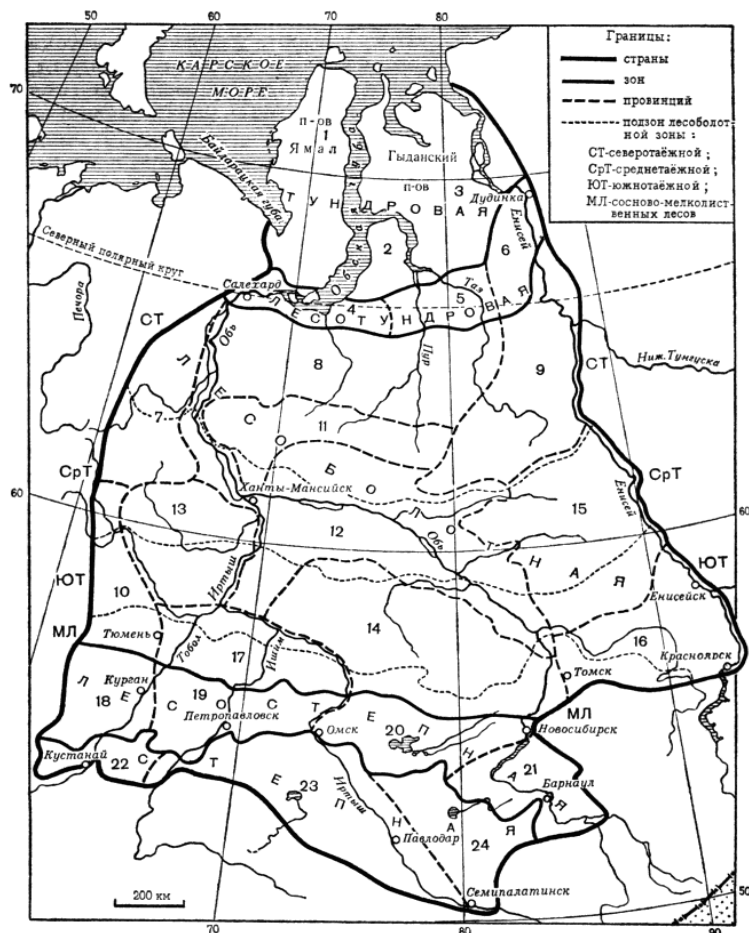


Рис. 1. Карта районирования Западно-Сибирской равнины

Г.Г. Григор был арестован и сослан в Сибирь в 1934 г., но через полтора года был досрочно освобожден, ему разрешили заниматься исследованиями в г. Иркутске, где он изучал оз. Байкал и Прибайкалье. В 1938 г. получил разрешение Наркомпроса на переезд в г. Томск, где плодотворно работал многие годы. Г.Г. Григор подготовил цикл статей о природе и природных ресурсах крупных притоков р. Оби – бассейнов рек Васюгана, Парабели, Тыма, воз-

главил работу по физико-географическому районированию Западной Сибири (1961 г.). В ее пределах было выделено шесть зон – тундра, лесотундра, тайга, зона лиственных лесов, лесостепь и степь (см. рис. 1). Некоторые зоны делились на подзоны, в пределах которых выделялись округа и районы. В 1962 г. опубликована работа по физико-географическому районированию Томской области, не утратившая значения до настоящего времени. Г.Г. Григор был

одним из инициаторов открытия (1948 г.) и председателем Томского отдела Географического общества СССР. Им опубликовано около 60 работ [Григор...].

Профессор Г.Г. Григор оставил после себя плеяду талантливых учеников – Л.Н. Ивановского, А.А. Земцова, В.Е. Попова, К.И. Попову, А.М. Малолетко, В.А. Брок и др.

Алексей Анисимович Земцов (1920–2001) – выпускник географического факультета ТГУ 1945 г, заведующий кафедрой географии с 1964 по 1987 г.

Научные интересы А.А. Земцова были связаны с палеогеографией, мерзлотоведением, экзогенными процессами рельефообразования, генезисом озерных котловин, неотектоникой и

др. А.А. Земцов впервые описал глубокозалегающую реликтовую мерзлоту в Западной Сибири и установил ее площадное распространение, выделил зоны со свойственным им строением и залеганием, реставрировал природу ледникового периода на Западно-Сибирской равнине, выявил и описал ширтинско-тазовский горизонт ледниковых отложений. А.А. Земцов – один из составителей Государственной геоморфологической карты СССР масштаба 1: 2 500 000 (1989 г.) и объяснительной записки к ней [Земцов...; Профессора...]. За годы работы А.А. Земцовым принято участие более чем в 40 экспедициях в разные регионы Западно-Сибирской равнины и Средней Сибири (рис. 2), он автор более 200 научных работ.



Профессор А.А. Земцов (1920–2001)

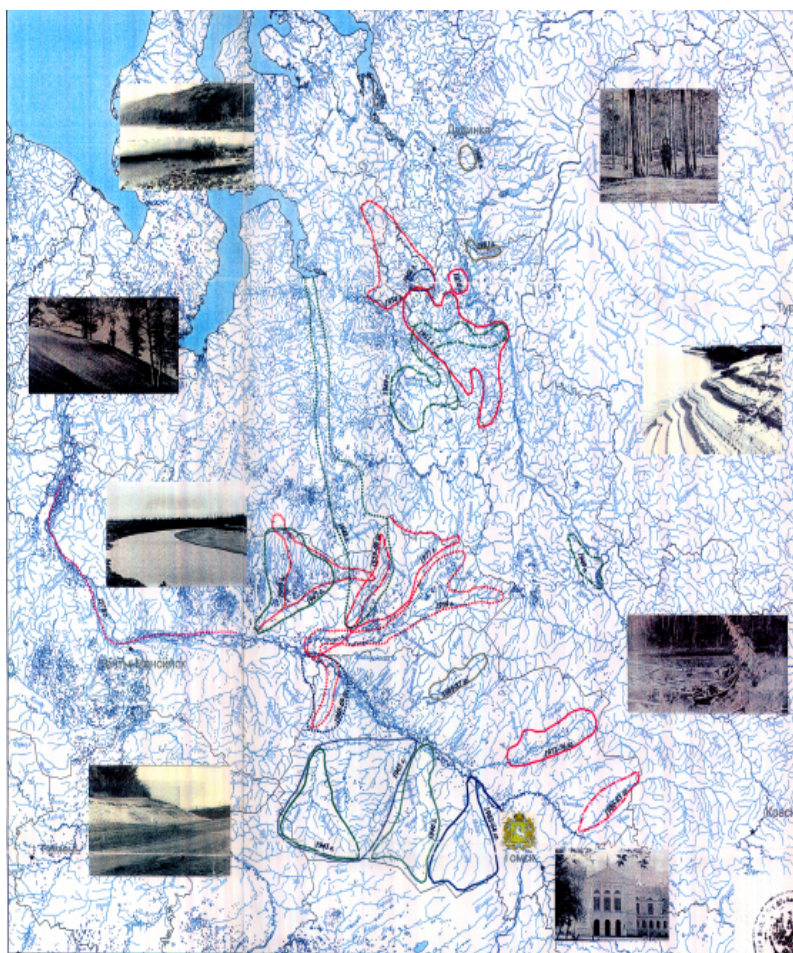


Рис. 2. Районы экспедиций А.А. Земцова на карте Западной Сибири



Профессор Л.Н. Ивановский
(1911–2007)



Профессор Л.К. Зяткова
(1931–2015)



Профессор П.А. Окишев
(1931–2016)

А.А. Земцов в 1978–1987 гг. возглавлял Томский отдел Географического общества СССР, был главным редактором его печатного органа – журнала «Вопросы географии Сибири».

Сегодня, вероятно, невозможно назвать в Сибири хотя бы единственную геологическую или изыскательскую организацию, НИИ или вуз, где не работали бы ученики и бывшие студенты А.А. Земцова. Его ученики – известные ученые, профессора: Л.К. Зяткова – лауреат Государственной премии СССР, Г.Я. Барышников, В.И. Булатов, В.В. Бутвиловский, Ю.И. Винокуров, Н.С. Евсеева, В.А. Казанцев, А.М. Малолетко, Ю.И. Наумов, П.А. Окишев, В.С. Ревякин, А.Н. Рудой, В.В. Рудский, Г.Г. Русанов, В.П. Чеха, доценты О.Н. Барышникова, Л.С. Косова, Л.Н. Окишева, Н.В. Осинцева, Л.Б. Филандышева, В.С. Хромых и многие другие. О некоторых из них хочется сказать особо.

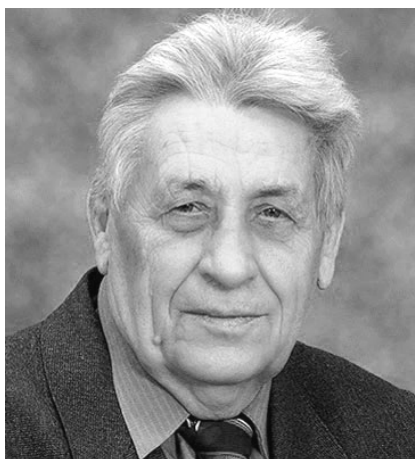
Лев Николаевич Ивановский (1911–2007) – выпускник кафедры географии, один из выдающихся географов Сибири. Главной научной страстью Л.Н. Ивановского, по воспоминаниям Г.Ф. Уфимцева, были гляциальная геоморфология, морфодинамика и геоморфология гор. Храмом науки для него был Алтай. С 1960 по 1963 г. Л.Н. Ивановский заведовал кафедрой географии ТГУ, а с 1963 г. связал свою жизнь и работу с Институтом географии СО РАН в г. Иркутске. За выдающиеся научные заслуги Русское географическое общество присудило ему Золотую медаль им. Н.М. Пржевальского.

Профессор Луиза Константиновна Зяткова (1931–2015), выпускница кафедры 1954 г., крупный ученый, ведущий специалист в области структурной геоморфологии и неотектоники, профессор Сибирской государственной геодезической академии и Института геологии и геофизики СО РАН (г. Новосибирск), лауреат Государственной премии СССР в области науки (1978 г.) как один из авторов 15-томной монографии «История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока».

Петр Андреевич Окишев (1931–2016) – выпускник кафедры географии 1960 г. После окончания ТГУ вся его дальнейшая жизнь связана с Томским университетом. Объектом научных интересов П.А. Окишева были современное оледенение гор Южной Сибири, динамика плейстоценового оледенения Алтая, реконструкция палеогеографических условий и хронологических границ развития оледенения. П.А. Окишев долгое время руководил Проблемной научно-исследовательской лабораторией гляциоклиматологии (ПНИЛ ГК), стал основателем и руководителем кафедры краеведения и туризма (1997 г.) [Профессора...].

С 1990 г. по 2015 г. П.А. Окишев – председатель Томского отдела Русского географического общества, с 2015 г. – его почетный председатель, с 1998 г. – член президиума комитета по культуре и туризму администрации Томской области и др. Автор более 120 научных работ. Ученики П.А. Окишева – доценты П.С. Бородавко, А.В. Пучкин, С.В. Ахматов и др.

Профессор Алексей Михайлович Малолетко (1929–2018) – выпускник кафедры 1951 г., крупный специалист в области геоморфологии и четвертичной геологии, палеогеографии и гидрологии, лимнологии Западной Сибири. Основной областью его научных интересов в 1970-е гг. являлась разработка методов палеогеографического анализа. Впервые в отечественной практике он показал возможность полнокомпонентных реконструкций природных условий далекого геологического прошлого. Им были проведены палеогеографические и геоморфологические исследования на юге Западно-Сибирской равнины, в предгорьях Алтая и на Салаире. А.М. Малолетко активно занимался внедрением методов естественных наук в археологические и топонимические исследования, является родоначальником палеотопоники. Среди его учеников – профессора Ю.И. Винокуров, В.П. Чеха, Г.Я. Барышников и др. А.М. Малолетко – автор более 300 работ [Малолетко...].



**Профессор А.М. Малолетко
(1929–2018)**

Ярким представителем кафедры – географом-исследователем является А.В. Поздняков (род. в 1937 г.), выпускник Башкирского университета, имеющий богатейший профессиональный и жизненный опыт – учителя, геолога, заместителя директора, заведующего лабораторией и др. С 1994 г. он руководит лабораторией проблем устойчивого развития Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск), с 2001 г. – профессор кафедры географии ТГУ. Область научных интересов А.В. Позднякова – геология россыпей,

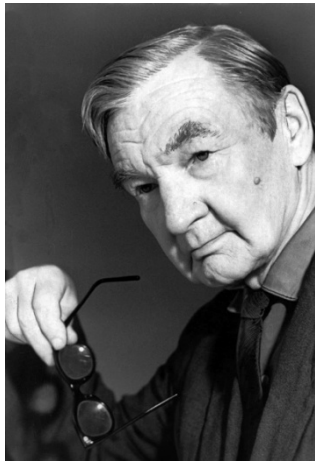
неотектоника, геоморфология и русловая гидродинамика. С 2003 г. – председатель диссертационного совета Д 212.267.15 геолого-географического факультета ТГУ. Автор более 220 научных работ.

Профессор Алексей Николаевич Рудой (1952–2018) – выпускник кафедры географии 1974 г., участник двух Антарктических экспедиций, множества экспедиций в Горный Алтай, на Тянь-Шань, Чукотку, Памир, в Забайкалье, Хакасию и Тыву, зарубежных экспедиций в Германии, Австрии, Венгрии, Швейцарии, Монголии, Намибии, работал в области ледниковой геоморфологии и геологии горных стран, четвертичной палеогеографии, палеогляциологии и палеогидрологии. Автор более 200 научных и научно-популярных трудов.

В настоящее время кафедрой руководит профессор Нина Степановна Евсеева, выпускница кафедры географии 1973 г., ученица А.А. Земцова, участница экспедиций на междуречье Колымы и Индигирки, в Центральный Алтай, Тыву. Область ее научных интересов – экологическая геоморфология, современные процессы рельефообразования и геохимические аспекты их развития, краеведение и др. Исследования Н.С. Евсеевой многоплановы и разнообразны: с 1973 по 2017 г. она принимала участие во множестве экспедиций, в том числе в геологической съемке 1:200 000 масштаба правобережья р. Оби в пределах Томской области и др. Кроме того, Н.С. Евсеевой подготовлено к защите семь кандидатов географических наук. Автор более 200 научных работ.

За 95 лет существования кафедры ею подготовлено свыше 2 500 специалистов-географов, в числе которых 20 докторов наук, свыше 100 кандидатов наук, лауреат Государственной премии СССР, участник двух Антарктических экспедиций, более 50 преподавателей вузов, а также тысячи учителей географии. В настоящее время сотрудники кафедры ведут комплексные исследования по следующим научным направлениям: палеогеография и геоморфология; экзогенное рельефообразование; ландшафтоведение; краеведение; изучение сезонных ритмов природы; пространственный анализ на основе ГИС в географических исследованиях; моделирование функционирования геосистем.

Сотрудники кафедры также внесли большой вклад в изучение климата, ледников и пр.



**Профессор М.В. Тронов
(1892–1978)**

Кафедра метеорологии и климатологии.

Первым заведующим открывшейся в 1938 г. кафедры на геолого-почвенно-географическом факультете был Михаил Владимирович Тронов (1892–1978). Область научных интересов М.В. Тронова – геофизика и физическая география, в частности климатология и гляциология. В 1914 г. М.В. Тронов с братом Борисом первыми поднялись на восточную вершину двуглавой Белухи, высшую вершину Горного Алтая. Впоследствии братьями открыто 70 ледников. Затем были другие экспедиции и исследования: в низовья р. Оби, магнитометрическая съемка Карского моря, изучение оледенения Катунского хребта, Чуйских хребтов, где было открыто 257 новых ледников и др. Всего за годы работы М.В. Троновым изучено более 920 ледников и установлено, что Алтай по площади оледенения уступает на территории СССР только Кавказу и горам Средней Азии.

Профессор М.В. Тронов разработал ряд теоретических разделов гляциологии: снеговая граница и хионосфера; подпруживание ледников; малые формы оледенения; устойчивость ледников и др.

М.В. Тронов – создатель томской школы гляциологии. Он обосновал новое научное направление в климатологии – гляциоклиматическое, разработал учение о взаимодействии между климатом, рельефом и оледенением. Автор более 250 научных работ. Он был сторонником комплексного междисциплинарного подхода к изучению природы, в своих исследованиях объединял усилия различных географических кафедр. Кроме того, М.В. Тронов был

талантливым шахматистом, выигрывал у П.Н. Измайлова – первого чемпиона РСФСР по шахматам (1928 г.).

Под руководством М.В. Тронова подготовлено 16 кандидатов наук. Среди его учеников – профессора Я.К. Башлаков, П.А. Окишев, В.С. Ревякин, В.И. Русанов, В.В. Севастьянов, А.П. Сляднев, доценты Н.И. Белова, В.А. Брок, Н.Х. Лупина, К.И. Попова, Н.В. Рутковская, В.И. Слуцкий, Л.И. Трифонова, П.С. Шпини и др.

В честь М.В. Тронова и его брата названы географические объекты, в числе которых – ледник в Катунских Альпах, ледники на Урале, Памире и Тянь-Шане и др. [Тронов ...].

Владимир Иванович Русанов (1926–2013) – выпускник географического факультета ТГУ 1952 г., участник ВОВ, дважды был ранен, награжден орденом и медалями. Научные интересы В.И. Русанова были связаны с изучением климата и его влияния на жизнедеятельность человека, разработкой медицинских прогнозов погоды и методов дозиметрии климатолечебных процедур.

Разработанные В.И. Русановым методы анализа климата в медицинских целях нашли широкое применение при изучении влияния климата на человека в институтах географии СО и ДВО РАН, в институтах курортологии и др. Эти методы позволили проанализировать влияние климата на человека в Молдавии, Туркмении, Зауралье, Западной и Восточной Сибири, Приморье и других регионах. Исследования Русанова доказали перспективность строительства здравниц не только в южных районах Сибири, но и в других местах.

Ученики В.И. Русанова – Ю.Г. Станишевская, Л.М. Севастьянова, Н.М. Алехина, А.И. Кусков, Г.Г. Журавлев и др.

Профессор Геннадий Освальдович Задде (род. в 1942 г.), ученик академика В.Е. Зуева, руководил кафедрой метеорологии и климатологии в 1991–2011 гг. Г.О. Задде проводит работы по климато-экологическому мониторингу. По его инициативе укреплялись научные и учебно-методические контакты с институтами СО РАН.

В настоящее время кафедрой руководит профессор Валентина Петровна Горбатенко, выпускница кафедры метеорологии ТГУ 1979 г. Область ее научных интересов – экология, изменение климата, атмосферное электричество.



**Профессор В.И. Русанов
(1926–2013)**

За годы работы кафедрой подготовлено 178 географов-климатологов, 869 инженеров-метеорологов, 215 специалистов-метеорологов, из которых 6 докторов наук, более 30 кандидатов наук, более 20 преподавателей вузов, 4 участника Антарктических экспедиций.

Сотрудники кафедры ведут исследования по следующим научным направлениям: прикладная климатология Западной Сибири; дистанционное зондирование атмосферы; климато-экологический мониторинг; мезомасштабная циркуляция; мезомасштабное моделирование метеорологических процессов.

Кафедра гидрологии. Начало гидрологических исследований в Томском императорском университете относится к концу прошлого века, когда во время экспедиций профессора В.В. Сапожникова был открыт ряд ледников Алтае-Саянской горной области. Кафедра гидрологии суши, участвовавшая в подготовке географов по гидрологической специализации, в Томском университете была впервые открыта в 1939 г. в составе нового географического факультета. Первым ее заведующим был доцент Н.И. Масленников, занимавшийся исследованием озер. Во время ВОВ многие студенты и преподаватели ушли на фронт, и с кончиной Н.И. Масленникова в 1942 г. кафедра прекратила свое существование. Подготовка гидрологов осуществлялась далее только по индивидуальным планам в рамках географической специальности.

Послевоенное восстановление экономики страны и развитие в Сибири гидрометеорологической сети и проектно-изыскательских работ

обусловили долговременную потребность в специалистах инженерно-гидрологического профиля. В 1956 г. начался набор на специальность «гидрология суши», а годом позднее на геолого-географическом факультете состоялось открытие кафедры. Ее заведующим стал Я.И. Марусенко, изучавший ледовый режим рек. Сотрудниками кафедры в то время также были А.А. Земцов, Л.П. Семлянская, Н.К. Минин, опытный специалист-гидротехник А.К. Штауб. Главными объектами научных исследований кафедры гидрологии суши стали Западная Сибирь и Горный Алтай.

В 1962–1970 гг. кафедрой гидрологии руководил доцент Александр Карлович Штауб, а в 1970–1974 гг. он исполнял обязанности заведующего кафедрой. А.К. Штауб руководил разработкой генеральных планов 28 МТС Томской области, а также разработкой проектов большого количества объектов городского и сельского строительства.

Профессор Дмитрий Анатольевич Бураков (род. в 1939 г.), ведущий гидролог, заведующий кафедрой природообустройства землеустроительного факультета Красноярского государственного аграрного университета, профессор Средне-Сибирского УГМС, заведовал кафедрой гидрологии геолого-географического факультета ТГУ в 1975–1987 гг. Под его руководством защищено более 30 кандидатских и докторских диссертаций. Область научных интересов – гидрологические прогнозы Сибирского региона, гидроэкология, ледовые заторы. Д.А. Бураков является консультантом паводочной комиссии при ЮНЕСКО. Методики прогнозов максимального стока рек, ледовых явлений на водоемах, притока в водохранилища, разработанные под его руководством и на основании его научных исследований, внедрены во многих управлениях Росгидромета в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах [Дмитрий...].

В конце 1980-х гг., после переезда Д.А. Буракова в Красноярск и организации филиала кафедры в ЗапСибНИГМИ, в сферу исследований томских гидрологов была включена и Восточная Сибирь. В настоящее время ведется разработка методик прогноза половодья реки Енисей и ее притоков на основе дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли с применением вычислительной техники.



Профессор Д.А. Бураков
(род. в 1939 г.)

В настоящее время кафедрой руководит профессор Валерий Алексеевич Земцов, выпускник кафедры гидрологии ТГУ 1974 г. Его научная деятельность связана с гидрологией суши, геоэкологией, анализом временных рядов, гидрологическими последствиями изменения климата, динамикой русловых потоков, компьютерным моделированием речной гидравлики, водными ресурсами. В.А. Земцов – автор более 150 научных работ.

Научная работа кафедры гидрологии и ПНИЛ ГК развивается в двух основных направлениях: расчеты и прогнозы гидрологического режима, качества вод и русловых процессов рек Сибири; водно-ледовый баланс и эволюция оледенения в горах юга Сибири в современном, ретроспективном и прогнозном вариантах.

Кафедра природопользования (ранее охраны природы). Основателем кафедры в 1975 г. стал Иннокентий Прокопьевич Лаптев (1911–1988), участник ВОВ. Он прошел воинский путь от Москвы до Ростка (Германия), участник обороны Москвы, награжден 5 орденами и 3 медалями.

Научные интересы И.П. Лаптева были весьма обширны – ихтиология, зоология, экология, охотоведение. Особое внимание И.П. Лаптев уделял вопросу о воздействии человека на фауну млекопитающих в ходе хозяйственного освоения территории и выделил «антропогенную эволюцию» в развитии фауны. Много сил отдал разработке мероприятий по охране природы и рациональному природопользованию. В 1975 г. в свет вышло уникальное издание – первый в нашей стране учебник «Теоретиче-

ские основы охраны природы», в котором были освещены методологические аспекты формирующейся науки. Эта книга поставила И.П. Лаптева в число основателей новой науки об охране окружающей среды. За книгу «Научные основы охраны природы» (1964, 2-е изд. 1970 г.) комитет ВДНХ СССР наградил И.П. Лаптева золотой медалью. Его работы переводились на иностранные языки и публиковались в Швейцарии, Румынии, Югославии. Автор около 200 работ.



Профессор И.П. Лаптев
(1911–1988)

Ученики И.П. Лаптева, основателя томской школы экологии, – Н.А. Шинкин, Н.С. Москвитина, В.Н. Куранова и др. Из учеников И.П. Лаптева в 1970-х гг. сформирована школа зоологов Якутского университета [Лаптев...].

В настоящее время кафедрой руководит доцент Т.В. Королева. Научные интересы сотрудников кафедры ориентированы на следующие научные направления: природопользование и охрана природы; исследование техногенеза водных и атмосферных ресурсов юга Западной Сибири; системное планирование и организация ООПТ; экология человека; непрерывное экологическое образование; рекреационная гляциология.

Кафедра краеведения и туризма. Профессор П.А. Окишев основал кафедру в 1997 г. и руководил ею до 2016 г. В настоящее время кафедрой руководит доцент Л.Б. Филандышева.

Сотрудники кафедры ведут исследования по следующим научным направлениям: рекреационная оценка гор Сибири; сезонные ритмы природы, тенденции изменения их климатических

режимов; проблемы развития туризма в Сибирском регионе; палеогеография плейстоцена, палеолимнология, гляциальная геоморфология, новейший рельефогенез; краеведение, экскурсоведение, городское ландшафтоведение; оценка туристско-рекреационного потенциала Томской области; использование природной среды в рекреационных целях.

Географическое отделение ТГУ за все время своего существования подготовило свыше 2 500 географов, 1 388 метеорологов, 964 гидролога, более 800 экологов, краеведов и специалистов в области туризма – около 350 человек. Для разных отраслей экономики страны подготовлено более 6 000 высококвалифицированных специалистов.

В настоящее время сотрудники всех кафедр географического отделения продолжают дело своих учителей. С Западно-Сибирской равниной связаны научные интересы многих ученых:

проводятся исследования динамики, структуры, функционирования и антропогенной трансформации пойменных ландшафтов с применением геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования; изучаются особенности геохимических ландшафтов тайги Западно-Сибирской равнины; климатические ритмы, их сезонная и годовая структура в связи с эрозийными процессами, происходящими в сельскохозяйственных ландшафтах; изменение климата; моделирование функционирования геосистем новейшими методами исследования окружающей среды; формирование региональной системы охраняемых природных территорий; гидрологический режим, качество вод и русловые процессы рек Сибири; водно-ледниковый баланс и эволюция оледенения в горах Сибири; туристско-рекреационный потенциал; природопользование и охрана природы и др.

Литература

Григор Григорий Григорьевич // Сайт ГГФ НИ ТГУ. URL: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/gri-gor/index.php> (дата обращения: 03.02.2018).

Дмитрий Анатольевич Бураков (к 70-летию со дня рождения). Наукарус (Российская библиотека научных журналов и статей Академии (РАН)). URL: <http://naukarus.com/dmitriy-anatolievich-burakov-k-70-letiyu-so-dnya-gozhdeniya> (дата обращения: 05.02.2018).

Земцов А.А. Становление и развитие географического образования в Томском университете // Вопросы географии Сибири. / род ред. А.М. Малолетко. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1993. Вып. 19. С. 31–48.

Земцов Алексей Анисимович // Сайт ГГФ НИ ТГУ. URL: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/zemtsov/index.php> (дата обращения 04.02.2018).

Лаптев Иннокентий Прокопьевич // Электронная энциклопедия ТГУ. URL: http://wiki.tsu.ru/wiki/index.php/Лаптев_Иннокентий_Прокопьевич (дата обращения: 05.02.2018).

Литвинов А.В. Образование и наука в Томском государственном университете в 20–30-е гг. XX в. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2006. 156 с.

Малолетко Алексей Михайлович // Сайт ГГФ НИ ТГУ. URL: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/maloletko/index.php> (дата обращения: 04.02.2018).

Профессора Томского университета: Библиографический словарь (1945–1980) / С.Ф. Фоминых, С.А. Некрылов, Л.Л. Берцун, А.В. Литвинов, К.В. Петров, К.В. Зленко. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2001. Т. 3. 532 с.

Руденко Сергей Иванович // Руксперт. URL: https://ruxpert.ru/Файл:Руденко_Сергей_Иванович.jpg (дата обращения: 05.02.2018).

Тронов Михаил Владимирович // Сайт ГГФ НИ ТГУ. URL: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/tronov/index.php> (дата обращения: 04.02.2018).

Авторы:

Евсеева Нина Степановна, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: geography@ggf.tsu.ru

Козлова Инга Владимировна, старший преподаватель, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: ingrid_k@mail.ru

N.S. Evseeva, I.V. Kozlova

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

**THE CONTRIBUTION OF TOMSK GEOGRAPHERS IN THE STUDY OF THE NATURE OF SIBERIA: TO 95-
ANNIVERSARY OF DEPARTMENT OF GEOGRAPHY AND THE 100TH ANNIVERSARY OF THE
NATURAL SCIENCE DEPARTMENT
OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY FACULTY
OF TOMSK STATE UNIVERSITY**

The article is devoted to a brief history of the establishment of geographical education at Tomsk University from the moment of its opening till the present. The contribution of scientists to the knowledge of the nature of Siberia is shown. The history of departments of geography, meteorology, hydrology, nature management, regional history and tourism establishment is considered. The achievements of outstanding scientists-geographers in the research of components Siberian namely relief, permafrost, glaciation, climate, landscapes, hydrology, etc.

Keywords: *geography, Tomsk geographers, study of the Siberian nature, anniversary.*

References

The official site of geology and geography faculty of Tomsk State University, Grigor Grigoriy Grigor'yevich, available at: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/grigor/index.php> (Accessed 03.02.2018). In Russian

Dmitry Anatolyevich Burakov (to the 70th anniversary), Naukarus, Russian library of scientific journals and articles of the Academy (RAS) (2010), available at: <http://naukarus.com/dmitriy-anatolievich-burakov-k-70-letiyu-so-dnya-rozhdeniya> (Accessed 7 February 2018). In Russian

Zemtsov A.A. *Stanovlenie i razvitie geograficheskogo obrazovaniya v Tomskom universitete* [Formation and development of geographical education at Tomsk University], *Voprosy geografii Sibiri* [Questions of geography of Siberia], 1993. V. 19, pp. 31–48. In Russian

The official site of geology and geography faculty of Tomsk State University, Zemtsov Alexey Anisimovich, available at: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/zemtsov/index.php> (Accessed 04.02.2018). In Russian

The official site of geology and geography faculty of Tomsk State University, Laptev Innocentiy Prokopevich, available at: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/laptev/index.php> (Accessed 04.02.2018). In Russian

Electronic encyclopedia of TSU, Laptev Innocentiy Prokopevich, available at: URL: http://wiki.tsu.ru/wiki/index.php/Лаптев,_Иннокентий_Прокопьевич (Accessed 05.02.2018). In Russian

Litvinov A.V. *Obrazovanie i nauka v Tomskom gosudarstvennom universitete v 20–30-e gg. XX v.* [Education and science in Tomsk state University in the 20–30-ies of the twentieth century], in Fominykh, S.F. (ed.), *Izd-vo Tom. un-ta*, Tomsk, 2006. In Russian

The official site of geology and geography faculty of Tomsk State University, Maloletko Alexey Mikhailovich, available at: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/maloletko/index.php> (Accessed 04.02.2018). In Russian

Professora Tomskogo universiteta: Bibliograficheskiy slovar' (1945–1980) [Professors of Tomsk University: a Bibliographical dictionary (1945–1980)] / S.F. Fominykh, S.A. Nekrylov, L.L. Bertsun, A.V. Litvinov, K.V. Petrov, K.V. Zlenko. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 2001. Tom 3. 532 p. In Russian

Rudenko Sergei Ivanovich, Ruxpert (2016), available at: https://ruxpert.ru/Файл:Руденко_Сергей_Иванович.jpg (Accessed 05.02.2018). In Russian

The official site of geology and geography faculty of Tomsk State University, Tronov Mikhail Vladimirovich, available at: <http://ggf.tsu.ru/content/faculty/history/person/tronov/index.php> (Accessed 04.02.2018). In Russian

Authors:

Evseeva Nina S., Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Head of the Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: geography@ggf.tsu.ru

Kozlova Inga V., Senior Lecturer, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: ingrid_k@mail.ru

ХРОНИКА

УДК 56(082)

V МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ» 2018

С.А. Родыгин

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Сибирским палеонтологическим научным центром Национального исследовательского Томского государственного университета был организован V Международный симпозиум «Эволюция жизни на Земле», который состоялся 12–16 ноября 2018 г. в г. Томске, Россия. Цель симпозиума – широкий обмен информацией между специалистами, работающими в сфере различных научных дисциплин (палеонтологии, стратиграфии, биологии, генетики, антропологии, археологии, музеологии и др.) в целях получения новых знаний о природе жизни, истории и закономерностях ее развития. Симпозиум продолжает работу, начатую на первом (ELE-1997), втором (ELE-2001), третьем (ELE-2005) и четвертом (ELE-2010) международных симпозиумах с аналогичным названием.

Ключевые слова: симпозиум, палеонтология, эволюция жизни, Земля.



Симпозиум был организован сотрудниками кафедры палеонтологии и исторической геологии Томского государственного университета, специалистами Сибирского палеонтологического научного центра ТГУ (СПНЦ) при участии сотрудников кафедры цитологии и генетики БИ ТГУ. Симпозиум состоялся 12–16 ноября 2018 г. в городе Томске.

Оргкомитет возглавлял ректор ТГУ, проф. Эдуард Владимирович Галажинский, заместителями председателя были заведующий кафедрой палеонтологии и исторической геологии ТГУ, доцент Геннадий Михайлович Татьянин и доктор геолого-минералогических наук, профессор Вера Михайловна Подобина.

В организации и проведении симпозиума участвовали почти все сотрудники кафедры палеонтологии и исторической геологии и СПНЦ. В состав программного комитета вошли извест-

ные российские и зарубежные ученые: академик РАН М.А. Федонкин (ПИН РАН, Москва), чл.-корр. РАН В.А. Степанов (НИИМГ, Томский НИМЦ РАН), доктора геолого-минералогических наук Ю.Б. Гладенков, В.А. Захаров (ГИН РАН, Москва), Н.В. Сенников (ИНГТ СО РАН, Новосибирск), доктор исторических наук В.Н. Зенин (ИАЭТ СО РАН, Новосибирск), д-р Иван Дулич (НИС-Газпромнефть, Сербия), проф. К. Стефанияк (ун-т Вроцлава, Польша), проф., д-р А. Эрнст (ун-т Гамбурга, Германия) и др.

Симпозиум собрал более 200 палеонтологов, геологов, генетиков, археологов, философов, аспирантов и магистрантов. Был организован широкий обмен информацией между специалистами из разных стран и регионов России, работающими в сфере различных научных дисциплин в целях получения новых знаний о природе жизни, истории и закономерностях ее развития.

В работе симпозиума приняли участие специалисты из многих городов России: Москвы, Санкт-Петербурга, Воронежа, Саратова, Самары, Сыктывкара, Петрозаводска, Краснодара, Ульяновска, Череповца, Екатеринбурга, Уфы, Омска, Новосибирска, Новокузнецка, Бийска, Томска, Красноярска, Ханты-Мансийска, Иркутска, Улан-Удэ, Читы, Якутска, Владивосто-

ка, а также зарубежные специалисты из Сербии, Китая, Канады, США, Великобритании, Тур-

ции, Монголии, Белоруссии, Украины, Казахстана.



Открытие симпозиума. Выступление заведующего кафедрой палеонтологии и исторической геологии, канд. геол.-минерал. наук Г.М. Татьяна



Выступление профессора Ричарда Э. Эрнста

К началу работы симпозиума изданы его материалы: «Эволюция жизни на Земле»: Материалы V Международного симпозиума, 12–16 ноября 2018 г. / отв. ред. В.М. Подобина. Томск: Издательский Дом ТГУ, 2018. 246 с.

Симпозиум продолжил работу, начатую на первом (ELE-1997), втором (ELE-2001), третьем (ELE-2005) и четвертом (ELE-2010) международных симпозиумах с аналогичным названием.



На одном из заседаний симпозиума

Научная программа симпозиума включала в себя ряд вопросов, касающихся процессов эволюции на различных уровнях организации жизни: от физико-химических основ живого вещества до особенностей развития человека как биологического вида в эволюционирующей природной среде и социуме. В сборник было включено 88 статей. Основные направления работы симпозиума:

1. Эволюционный процесс на уровнях хромосомы, генома, клетки, организма, популяции, экосистемы.
2. Органический мир докембрия и палеозоя.
3. Органический мир мезозоя и кайнозоя.
4. Органический мир квартера.

В рамках симпозиума проводился IV Всероссийский палеоботанический коллоквиум «Флоры и стратиграфия палеозоя и мезозоя России». К началу его работы также был выпущен сборник трудов в виде Приложения к журналу «*Lethaea Rossica. Российский палеоботанический журнал*» (М.: ГЕОС, 2018. Вып. 3. 116 с.). Работу коллоквиума организовала заведующая палеонтологическим музеем ТГУ Любовь Георгиевна Пороховниченко при активном содействии сотрудников ГИН РАН И.А. Игнатьева и Ю.В. Мосейчик. Было прочитано 14 до-

кладов, проводилась работа с коллекциями, активно шли обсуждения.

Программа симпозиума была обширной, хотя не все специалисты смогли приехать в Томск. Было заслушано и обсуждено более 70 устных и стендовых докладов. Они были посвящены эволюции органического мира, а также связанным с ней проблемам видообразования, филогении, принципам систематики организмов, характеристики биоценозов, палеоэкологии, зональному расчленению по различным группам фауны и флоры, совершенствованию стратиграфического расчленения и корреляции докембрия и фанерозоя.

Открывало симпозиум сообщение Ричарда Эрнста о влиянии больших изверженных провинций на массовые вымирания организмов. Разрабатываемая автором концепция должна помочь выявить влияние глобальных тектономагматических процессов на ход эволюции живых организмов. Н.Я. Поддубная и Н.П. Коломийцев посвятили доклад критериям отличия живого от неживого и особенностям самого раннего этапа становления жизни. В.М. Подобина рассказала об особенностях развития фораминифер Западной Сибири, которые позволяют обособить в этом регионе среднюю часть

меловой системы от ее нижней и верхней частей. И.Н. Лебедев рассмотрел хромосомные болезни человека в свете эволюционных особенностей архитектуры генома. Б.Ф. Чадов и Н.Б. Фёдорова сделали остро дискуссионное сообщение о существовании зиготической формы отбора, проходящего без участия внешней среды. И.Г. Яценко посвятила свой доклад выяснению соотношения циклов нефтеобразования со стадиями эволюции в фанерозое. Ю.М. Новиков рассказал о своих исследованиях рекомбинации хромосомных инверсий малярийных комаров и их меньшей эволюционной пластичности по сравнению с дрозофилами.

Традиционно интересной оказалась проблема влияния на эволюцию биот изменения различных факторов среды их обитания. Рассмотрены проблемы, связанные с экосистемами, раскрывающие причинные зависимости возникновения и вымирания крупных биот, в том числе обусловленных глобальными катастрофами. Проанализированы палеобиогеографические эффекты в истории развития фораминифер, остракод, палеофлоры. Подчеркнута связь эволюции биосферы с галактическими и планетарными событиями, кризисами в геологической истории земной коры.

По тематике секции «Органический мир докембрия и палеозоя» интерес вызвали доклады А.М. Станевича с соавторами о стратиграфии позднедокембрийских и раннекембрийских отложений юга Сибирской платформы и сравнительном анализе биоценозов рифея Восточной Сибири и Южного Урала, новые материалы З.А. Толоконниковой по мшанкам девона, карбона и перми. Н.В. Сенников рассказал об особенностях экосистем ордовика Центральной Тувы, И.В. Коровников – о трилобитах и биостратиграфии кембрия Сибирской платформы. С.А. Родыгин с соавторами привел новые данные, позволившие уточнить расчленение лугинецкого горизонта верхнего девона в Западной Сибири.

Значительное место отводилось характеристике органического мира мезозоя и кайнозоя. Было уделено внимание характеристике животного и растительного сообществ, анализу особенностей эволюции экосистем. Были затронуты проблемы тафономии млекопитающих и реконструкции климатических, палеоландшафтных и палеобиогеографических обстановок, влияющих на развитие жизни на Земле.

Интерес вызвали доклады В.М. Подобиной и Г.М. Татьянина о роли миграционного фактора в эволюции организмов на примере фораминифер, доклад В.А. Коноваловой об особенностях развития остракод в мезозое и кайнозое Западной Сибири. Группа ученых из ТГУ (С.В. Лещинский, А.В. Файнгерц, С.В. Иванцов и др.) поделилась новыми результатами палеонтолого-стратиграфических исследований местонахождения раннемеловых позвоночных Большой Илек в Красноярском крае. Здесь были обнаружены костные остатки рыб, черепах, крокодилов, хищных динозавров, завропод, млекопитающих. Интерес вызвали новые материалы, полученные энтузиастами палеонтологии из Самары (В.П. Морозов, Р.А. Гунчин и др.) при изучении мезозойских отложений Самарской области.

Тепло были приняты доклад гостя из Сербии И. Дулича о палинофлоре верхнего миоцена и экосистемах Паннонского бассейна, а также сообщение китайских коллег – профессора Сун Гё с соавторами об изучении верхнемеловой флоры провинции Хэйлунцзян. Следует отметить, что Иван Дулич принимал участие в работе всех предыдущих четырех симпозиумов, был вместе с профессором из Новокузнецка Я.М. Гутаком организатором нескольких российско-сербских научных экспедиций по Сибири, а также Сербии и Черногории. Ученые из Китая впервые приехали в Томск, но выразили желание продолжать сотрудничество между Томским и Шеньянским университетами в области палеонтологии и музеологии.

Секция «Органический мир квартала» объединила доклады, посвященные как фауне (моллюски, остракоды, фораминиферы, различные млекопитающие), растительным комплексам, палеоландшафтам, так и обстановкам существования древнего человека, артефактам и свидетельствам материальной культуры. Так, особый интерес вызвало сообщение В.Н. Зенина и С.В. Лещинского о находке бифаса (палеолитического рубила) в долине реки Чулым.

На заседаниях IV Всероссийского палеоботанического colloquium «Флоры и стратиграфия палеозоя и мезозоя России» демонстрировались результаты изучения листовой флоры, ископаемой древесины, палеогеоботанические реконструкции. Интерес вызвали доклады А.В. Гоманькова об интерпретации загадочных девонских растений, новых видах пермских

растений Ангариды и Русской платформы, тенденциях в эволюции гинкгоопсид. И.А. Игнатьев рассказал о географических закономерностях макроэволюции высших растений, Ю.В. Мосейчик – о систематике каменноугольных лепидофитов, Л.Г. Пороховниченко – о пермской флоре Верхоянья, И.В. Будников с соавторами – о бореальной флоре верхнего палеозоя Сибири.

Большое внимание на заседаниях было уделено палинологическим исследованиям, которые являются ведущими для детального биостратиграфического расчленения, корреляции разнофациальных отложений, палеогеографических построений.

Было заслушано несколько докладов молодых ученых: А.В. Зверевой – о двустворчатых моллюсках, К.Е. Протождяконова – о палеонтологических исследованиях в бассейне реки Яны, А.И. Муравьева и Н.Н. Старикова – о фистратиграфии юрских отложений одного из районов Западной Сибири и ряда других.

Н.В. Сенников прочитал для студентов и аспирантов лекцию о состоянии общей страти-

графической шкалы и последних решениях МСК по стратиграфии.

На заседании круглого стола по проблеме сохранения палеонтологических коллекций выступающие (С.В. Лещинский, В.Н. Зенин, Л.Г. Перегудов и др.) подчеркивали плачевное положение с условиями хранения коллекций во многих организациях, отсутствие государственного участия в исправлении этой ситуации, говорили о повышении качества работы с музейными фондами.

Прошедший симпозиум стал заметным событием в научной жизни России. Решения, принятые им, должны способствовать дальнейшему развитию палеонтологии, стратиграфии, генетики, а также геологии и биологии в целом. Участники симпозиума были едины во мнении, что дискуссии и обобщение материала по вопросам эволюции органического мира необходимо продолжить.

Симпозиум был организован при поддержке РФФИ (проект № 18-05-20036).

Автор:

Родыгин Сергей Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра палеонтологии и исторической геологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: rodygin@ggf.tsu.ru

Geosphere Research, 2018, 4, 77–81. DOI: 10.17223/25421379/9/8

S.A. Rodygin

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

V International Symposium «Evolution of Life on the Earth» 2018

Tomsk State University organized the V International Symposium "Evolution of Life on the Earth", which was held on 12–16 November 2018 in Tomsk, Russia.

The purpose of the symposium was a broad exchange of information between specialists working in various scientific disciplines (paleontology, stratigraphy, biology, genetics, anthropology, archaeology, museology, etc.), in order to gain a new knowledge about the nature of life, history and patterns of its development. The symposium had continued the work started at the first (ELE-1997), the second (ELE-2001), the third (ELE-2005) and the fourth (ELE-2010) international symposia with the same title.

The solution of these problems is of great scientific importance for understanding the evolution of life on the Earth, as well as for introducing advanced methods of scientific research in geology and related disciplines into practice. Participation of undergraduate and postgraduate students in the work of the symposiums was an important part of its mission

Keywords: *symposium, paleontology, evolution, Earth.*

Author:

Rodygin Sergey A., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Associate Professor, Department of Paleontology and Historical Geology, Geological and Geographical Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: rodygin@ggf.tsu.ru

Научный журнал

ГЕОСФЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

GEOSPHERE RESEARCH

2018. № 4

Редактор Ю.П. Готфрид
Корректор Н.А. Афанасьева
Оригинал-макет А.И. Лелоюр
Редактор-переводчик С.И. Гертнер
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

*Для оформления обложки использована проекция Земного шара
из работы: Stampfli G.M., Borel G.D. / Earth and Planetary Science Letters 196 (2002) 17-33.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00588-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00588-X)*

Подписано к печати 29.12.2018 г. Формат 60х84¹/₈.
Гарнитура Times. Печ. л. 10,2; усл. печ. л. 9,5.
Тираж 50 экз. Заказ № 3530. Цена свободная.

Дата выхода в свет 01.02.2019 г.

Журнал отпечатан на полиграфическом оборудовании
Издательского Дома Томского государственного университета
634050, г. Томск, Ленина, 36
Тел. 8(382-2)–52-98-49; 8(382-2)–52-96-75
Сайт: <http://publish.tsu.ru>; E-mail: rio.tsu@mail.ru