НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

А. И. Трубачев, А. Н. Хатькова, К. К. Размахнин

Забайкальский государственный университет, Чита

rektorat@zabgu.ru

Приведены основные результаты научных исследований, полученных действительными членами Читинского отделения Российского минералогического общества, в разные годы работавших в ЗабГУ. Ими изучались месторождения медистых песчаников и сланцев, облицовочных камней, карбонатного сырья, цеолитов, золота, свинца, цинка и др. Установлены основные закономерности их размещения и условия формирования, разработаны классификационные схемы, позволяющие давать прогнозно-поисковую оценку и рекомендации по их освоению. Уделено внимание геотехногенным месторождениям, в которых сосредоточены значительные запасы многих полезных компонентов. В результате геолого-технологических исследований природного и техногенного минерального сырья Восточного Забайкалья разработаны новые методы выявления дисперсных (наноразмерных) форм благородных металлов и способы их извлечения, что значительно расширяет перспективы освоения не только крупных месторождений, но и средних и мелких по масштабам объектов, а также горно-технологических отходов.

Ключевые слова: Восточно-Забайкальские месторождения природного и техногенного сырья, геолого-технологические исследования, закономерности размещения, условия образования, практическое использование.

NATURAL AND TECHNOGENIC MINERAL RAW MATERIALS — AS AN OBJECT OF TRANSBAIKAL STATE UNIVERSITY SCIENTISTS GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL STUDIES

A. I. Trubachev, A. N. Hatkova, K. K. Razmakhnin

Transbaikalian State University, Chita

Full members of Chita branch, RMS, presented their research results. They studied copper sandstones and slates, cladding stones, carbonaceous materials, zeolites, gold, plumbum, zinc, etc. They established basic patterns of their distribution and conditions of formation of the developed classification schemes that allowed prospecting assessment and recommendations on their development. Attention was paid to geotechnogenic deposits, which contained significant reserves of many useful components. The geological and technological studies of natural and technogenic mineral raw materials of the Eastern Transbaikalia resulted in new methods for discovery of dispersed (nanoscale) forms of noble metals and methods for their extraction, which significantly expanded prospects for the development of not only large deposits, but also medium and small — scale objects, as well as mining and technological waste.

Keywords: East-Transbaikal deposits of natural and technogenic raw materials, geological and technological research, regularities of placement, conditions of formation, practical use.

Введение

Среди многочисленных типов природного и техногенного (отвалы хвосты ОФ, забалансовые и окисленные руды, кеки и др.) минерального сырья Восточного Забайкалья наиболее актуальными и востребованными являются медь, золото, свинец, цинк, облицовочные и ювелирные камни, цеолиты. При исследовании данного сырья авторами и другими учеными выявлены основные особенности его геологического строения, вещественного состава, закономерности размещения (глобальные, региональные, локальные), условия формирования (рассмотрены рудогенетические модели), предложены классификационные схемы для прогнозирования и поисков. Одной из задач являлась геолого-технологическая оценка основных типов месторождений, разработка оригинальных методов выявления и геотехнологических способов извлечения ценных компонентов из природного и техногенного минерального сырья.

Актуальность данных исследований вызвана необходимостью вовлечения рассмотренных видов минерального сырья в промышленное производство для развития и укрепления экономики Забайкальского края и России.

Применяемые методы исследования разнообразны: детальная документация естественных обнажений, горно-разведочных выработок, керны скважин с составлением карт, схем, профилей, разрезов, с отбором проб, штуфов, шлифов, аншлифов, шлихов. Для последующего изучения использовались в комплексе методы: химический, спектральный, пробирный анализы, оптическая микроскопия, рентгеноструктурный, электронно-зондовый анализы, ИКС, ДТА, магнитометрия, мессбауэровская спектроскопия, атомно-эмиссионная (ISP OES) и масс-спектрометрия (ISP MS) и др.; обработка и обобщение полученных результатов, как своих собственных, так и геологоразведчиков (с их разрешения); геолого-технологическое картирование руд, выделенных с применением обогатительных процес-

сов; разработанные оригинальные методы выявления и извлечения дисперсных форм благородных металлов.

Месторождения медистых песчаников и сланцев

Месторождения медистых песчаников и сланцев изучались в пределах Кодаро-Удоканской зоны, по южному обрамлению Сибирской платформы, а затем в других регионах России и сопоставлялись с таковыми по всему миру. Впоследствии медистые песчаники и сланцы органически вошли в состав стратиформных месторождений, под которыми стали понимать месторождения цветных, редких, благородных, рассеянных, редкоземельных и радиоактивных металлов (Cu, Pb, Zn, Hg, Sb, As, Li, Mo, W, V, Sn, Au, Ag, Sc, Re, Ta, Nb, Zr, Hf), а также пирита, барита, флюорита, целестина, магнезита, фосфоритов, талька, генетически или парагенетически связанные с вмещающими их осадочными, осадочно-метаморфическими, осадочно-вулканогенными формациями, для которых характерны: а) определенная геотектоническая позиция; б) приуроченность к конкретным стратиграфическим горизонтам с выделением для каждого металла рудообразующих эпох; в) связь с литолого-фациальными и палеогеографическими обстановками и строением вмещающих толщ; г) пластообразная форма рудных залежей с согласными и секущими границами; д) проявление зональности в размещении главных рудообразующих минералов и элементов по латерали и вертикали; е) длительное и многостадийное (седиментогенез — диагенез — эпигенез — метаморфизм — гипергенез) формирование оруденения совместно с вмещающими их толщами, отразившееся в морфологических, текстурно-структурных, вещественных и иных особенностях.

Детально изучены геологическое строение основных месторождений, морфология и параметры рудных тел, особенности их размещения, вещественный состав руд и вмещающих отложений (минералы пород и руд, их состав и строение, распределение в рудных телах, геохимические особенности руд и пород, закономерности размещения минералов и элементов, условия формирования по этапам).

В составе руд стратиформных медных месторождений выявлено 70 первичных и более 50 вторичных (гипергенных) минералов, свидетельствующих о том, что руды этих месторождений являются весьма сложными (комплексными), в них выделены парагенетические ассоциации: борнит-халькозиновые, борнит-халькозин-халькопиритовые, борнит-халькопиритовые, медно-самородно-халькозиновые, борнит-халькопирит-теннантитовые, халькопирит-пиритовые, халькопирит-пирротиновые 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. Региональная зональность распределения минералов и элементов проявлена почти повсеместно на больших площадях и в значительных по мощности разрезах осадочных толщ, она наблюдается в размещении минералов меди, свинца, цинка, урана, железа, марганца, ванадия, золота, серебра. Локальная зональность халькозина-борнита-халькопирита-пирита проявлена в отдельных рудных телах и залежах и определяется литолого-фациальными условиями, тектоническим режимом развития бассейнов седиментации (трансгрессия — рег-

рессия), геохимической средой минералообразования (режим Eh — pH). Вторичная зональность связана с процессами перераспределения оруденения при метаморфизме, магматизме, тектонических и гипергенных процессах.

В составе медных руд выявлено свыше 40 элементов-примесей с различной частотой встречаемости, содержания их превышают кларки в несколько раз. Элементы концентрируются как во вкрапленных и слоистых рудах, так и в прожилках различного состава, пересекающих рудоносные горизонты. 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.

Из многочисленных гипотез, объясняющих генезис медистых песчаников и сланцев, авторы придерживаются осадочной точки зрения.

Главным источником меди, других металлов и терригенного материала по осадочной модели служили разрушающиеся толщи областей сноса, в которых находились мелкие месторождения, проявления и другие объекты с повышенными содержаниями рудных элементов. Другими дополнительными источниками могли быть: продукты вулканической деятельности, сами вмещающие толщи, морские воды, рифтогенные рассолы и флюиды, продукты гидротермально-магматической деятельности. Основными закономерностями размещения рассматриваемых месторождений, которые одновременно являются факторами их прогноза, по осадочной модели являются: стратиграфо-геотектонические, поясовые, формационно-парагенетические. Выделенные на основе пространственного соотношения породных и рудных парагенезисов различной морфологии и параметров пять морфолого-генетических типов месторождений: джезказганский, удоканский, заир-замбийский, мансфельдский и донецкий, с одной стороны, объективно отражают тектонические обстановки и фациальные условия их формирования, а с другой — служат основой для перспективной и промышленной оценки известных и вновь открываемых медистых песчаников и сланцев [1, 3–6, 10, 16, 18–21].

По мнению В. С. Салихова [11], стратиформное оруденение является заключительной частью единого эволюционно развивающегося рудно-магматического процесса, а крупные и уникальные месторождения типа Удокана, Джезказгана, Айнака, Мансфельда и др. возникают только в эпохи геологических катастроф и многократно в геологической истории не могут воспроизводиться. Он вывел необратимую эволюцию медного оруденения от простых форм в древние времена (протерозой) к сложным в более молодое время (мезозой) и предложил научную гипотезу «О совмещенном развитии основных типов медного оруденения (медно-никелевого, медно-порфирового, медно-колчеданного, медистых песчаников и сланцев) в рифтогенных самоорганизующихся структурах земной коры, порожденных мантийными плюмами». Научная идея зарегистрирована в 2013 г. Международной академией авторов научных открытий и изобретений.

Месторождения и проявления облицовочных камней Восточного Забайкалья

Авторы, изучавшие эти объекты [4, 5, 12], представили геологическую характеристику разнообразных объектов облицовочного сырья, условия залегания, параметры,

морфологию рудных тел, взаимоотношения их с вмещающими породами, данные о геологическом возрасте и запасах, методику оценки, поисков и разведки; химический, минеральный и петрографический состав, геоморфологические, гидрогеологические и горно-технические особенности; физико-механические и химические характеристики (состав, окраска, полируемость, декоративность и др.), области применения, способы вскрытия, отработки и добычи минерального сырья.

По вещественному составу, физико-механическим и химическим характеристикам в пределах Восточного Забайкалья выделены следующие типы облицовочного сырья: 1) породы габброидно-диоритового ряда — 29 объектов; 2) породы гранитно-сиенитового ряда — 16 объектов; 3) карбонатное сырье — 22 объекта; 4) породы различного состава: тулиты, серпентиниты, листвениты, яшмы, фукситы, метакварциты, цветные эффузивы, пироксениты, лабрадориты, пегматиты, сланцы, гнейсы и др.

Установленные региональные (стратиграфические, геотектонические, структурные), локальные (минералогические, петрографические, геохимические) факторы контроля перечисленных видов облицовочного сырья благоприятны, но степень изученности и разведанности крайне недостаточна. Но и имеющихся сведений достаточно, чтобы утверждать, что по разнообразию пород, количеству месторождений, запасам сырья, его качеству Восточное Забайкалье выдвигается в новую для России весьма перспективную минерагеническую провинцию (наряду с камнесамоцветной по Г. А. Юргенсону), на базе которой возможно создание предприятий камнеобрабатывающей и ювелирной промышленности [7].

Геолого-технологическая оценка природного и техногенного минерального сырья, геолого-технологическое картирование, технологическая минералогия забайкальских месторождений

Л. Ф. Наркелюн, занимавшийся вопросами технологической минералогии и являвшийся членом Комиссии ВМО по технологической минералогии, осветил вопросы геолого-технологической оценки минерального сырья цветных, редких и благородных металлов. Им выделены геолого-генетические критерии руд и показана их связь с обогащением. С позиций переработки полезных ископаемых рассмотрены: концентрация металлов в рудах, их минеральный состав, парагенезы рудных минералов и элементов, формы выделения элементов в минералах, степень окисленности руд. Выявлены геолого-минералогические критерии, имеющие значение для технологической переработки полезных ископаемых [2].

Детально изучено цеолитовое сырье Восточного Забайкалья с целью минералого-технологической его оценки, выбора методов и процессов переработки и основных довольно многочисленных направлений их практического использования. На основе рационального комплекса минералого-аналитических методов изучены вещественный состав, текстуры и структуры, формы нахождения вредных примесей, которые существенно влияют на обогатимость и технологические свойства цеолитового сырья. Вредными примесями в сырье являются железо и кремнезем, которые образуют самостоятельные минералы, а также входят в состав породообразующих минералов, тесно с ними сростаются, что обосновывает применение методов разупрочнения и комплексов классических методов сепарации.

Направленное изменение технологических свойств минералов (ультразвуковые, механохимические, гидрохимические, физические, электромагнитные воздействия) приводят к структурно-химическим преобразованиям поверхностных слоев минералов и изменению объема, что увеличивает контрастность свойств сырья. Перспективными методами первичного обогащения цеолитов являются дезинтеграция, классификация, гравитация, магнитная сепарация. Расширение сфер практического использования природных цеолитов обеспечивается целенаправленным управлением их свойств посредством модификации, активации, деалюминирования, алюминизации, гидрофобизации, металлизирования и обогащения [22–24].

Геолого-технологическое картирование (ГТК) — это важнейший и необходимый этап при изучении всех типов месторождений, на котором решаются многие задачи: а) выделение и оконтуривание полей главных рудообразующих минералов, типов и сортов руд; б) закономерности их размещения в геологическом пространстве; в) определение обогатимости выделенных сортов; г) разработка оптимальных технологических схем и на этой основе выбор основного технологического оборудования и размещения его на обогатительных фабриках [2, 9, 15, 17, 25]. В Восточном Забайкалье ГТК выполнено на многих месторождениях — Орловском и Спокойнинском (А. М. Гребенников), Катугинском (Ю. С. Кушпарев), Удоканском (Л. Ф. Наркелюн, А. И. Трубачев, Р. Я. Астахов и др.) [17].

Приведем подробнее результаты ГТК на Удоканском месторождении [9].

К основным факторам размещения сульфатов и карбонатов меди относятся: литологический; минеральная форма сульфидов; температурный.

На обогатимость удоканских руд влияют: концентрация меди в рудах; содержание окисленной меди; минеральный состав руд; структурно-текстурные особенности руд.

Критерии выделения геолого-технологических типов руд: обогатимость руд; геолого-минералогические и горно-технические условия.

По соотношению минералов, общей и окисленной меди и обогатимости руд выделены 3 технологических сорта руд: сульфидные (степень окисления 0–30 %), смешанные (30–70 %), окисленные (70–100 %). Средняя степень окисления руд в запасах категории В + С равна 37,7 %. По нашим подсчетам, сульфидные руды составляют 50 % всех запасов месторождения, смешанные — 36, окисленные — 14 %, а по минеральным формам (%): пирит-халькопиритовые — 3, карбонатные — 12, сульфатные — 25, халькозин-борнитовые — 60.

К основным факторам, определяющим размещение выделенных геолого-технологических типов руд на месторождении, относятся: а) гипсометрическое положение оруденения и характер рельефа дневной поверхности; б) тектонические нарушения и трещиноватость пород и руд; в) концентрация меди; г) наличие многолетнемерзлых пород; д) состав вмещающих пород и характер их трещиноватости.

Общие закономерности размещения геолого-технологических типов руд на Удокане сводятся к следующему: повсеместно по северному крылу месторождения в приповерхностной части расположены окисленные руды; под окисленными рудами располагаются смешанные руды, нижние границы их также повторяют контуры поверхности месторождения и зависимость от тектонических нарушений; сульфидные руды располагаются в самых глу-

боких горизонтах месторождения, однако в наиболее эродированных участках сульфидные руды выходят на поверхность; среди сульфидных руд есть поля смешанных и даже окисленных руд, а в последних — реликты сульфидов, что свидетельствует о неравномерности протекания процессов окисления; относительная площадная распространенность геолого-технологических типов руд в пределах месторождения такова (%): сульфидные руды — 40, смешанные и окисленные — 60 [9].

Изучение природного минерального сырья, сосредоточенного в крупных и уникальных месторождениях (Удоканское, Чинейское, Бугдаинское, Быстринское и др.), в средних и мелких (Новоширокинское, Ункурское, Правоингамакитское, Итакинское, Александровское, Талатуйское, Уконикское, Уронайское и др.), в законсервированных (Ключевское, Дарасунское, Балейско-Тасеевское и др.) и в горно-технологических отходах (техногенное сырье) находятся значительные запасы многих ценных компонентов: Cu, Pb, Zn, Mo, Co, Ni, Sn, Au, Ag, Bi, Cd, МПГ, In, Ga. Для их извлечения есть необходимость совершенствования известных и разработки новых геотехнологий, это касается таких элементов, как Au, Ag, МПГ.

В Читинском филиале Института горного дела СО РАН и в ЗабГУ разработана комплексная методика выявления дисперсных (наноразмерных) форм благородных металлов в рудах и техногенном сырье, которая включает:

- активационную обработку проб раствором, содержащим перекись водорода, каустическую соду, раствор уксусной кислоты при ультрафиолетовом облучении дуговой разрядной ртутной лампой ДРТ 240 высокого давления мощностью 240 Вт;
- шихтовку проб с присадками, в состав которых кроме буры, соды и глета входит ионообменная смола (анионит) с сорбированным серебром и соосажденное на катод нитратного раствора в виде порошка металлическое серебро или хлорид серебра;
- плавку полученной «пуговицы» в индукционной печи с предварительным заворачиванием ее в свинцовую фольгу с известной массой с получением вторичного веркбля;
- стандартный пробирный анализ по полной схеме или растворение и осаждение с последующим прокаливанием и взвешиванием осадка.

Для извлечения обнаруженных вышеописанным методом благородных металлов из природного и техногенного сырья (из указанных забайкальских объектов) предложена новая патентно-защищенная геотехнология, суть которой заключается: а) в переводе металлов в жидкую фазу и осаждение их на сорбенты; б) применении ионно-обменной сорбции в электрических полях; в) использовании кюветного, кучного, чанового, кюветно-чанового, подземного (шахтный и скважинный варианты) выщелачивания с локальной активацией пульпы.

Результаты исследований защищены патентами, опубликованы во многих статьях и монографиях [12—15, 22, 23].

Выводы

1. Природное и техногенное минеральное сырье Восточного Забайкалья, сосредоточенное в различных по масштабу объектах, характеризуется разнообразием вещественного состава, особенностями строения, закономерностями размещения и условиями формирования и требует вовлечения в сферу практического использования для укрепления экономики региона.

2. Геолого-технологическая оценка минерального сырья, базирующаяся на детальном изучении вещественного состава и текстурно-структурных особенностей, применении различных направленных воздействий на него, выявленных закономерностях размещения минералов и геолого-технологических сортов руд на ряде объектов (Удокан и др.), разработке оригинальных методов выявления и извлечения ценных компонентов, дает основание для быстрого освоения рассмотренных видов минерального сырья.

Литература

1. Володин Р. Н., Наркелюн Л. Ф., Трубаев А. И., Четкин В. С., Быков Ю. В., Скурский М. Д., Архангельская В. В. Удоканское медное и Катугинское редкометалльное месторождения Читинской области в России. Чита: Поиск, 2004. 522 с.
2. Наркелюн Л. Ф. Геолого-технологическая оценка минерального сырья. Чита: ЧитГТУ, 2003. 366 с.
3. Наркелюн Л. Ф., Безродных Ю. П., Трубаев А. И., Салихов В. С. Медистые песчаники и сланцы южной части Сибирской платформы. М: Недра, 1977. 223 с.
4. Наркелюн Л. Ф., Салихов В. С., Трубаев А. И. Медистые песчаники и сланцы мира. М: Недра, 1983. 414 с.
5. Наркелюн Л. Ф., Трубаев А. И., Четкин В. С., Зиновьев Ю. И. Удокан: природные ресурсы и их освоение. Новосибирск: Наука, 1984. 176 с.
6. Наркелюн Л. Ф., Трубаев А. И., Салихов В. С., Богданов Ю. В. и др. Справочное пособие по стратиформным месторождениям. М: Недра, 1990. 391 с.
7. Наркелюн Л. Ф., Трубаев А. И. Восточно-Забайкальская провинция облицовочных камней // Горный журнал. 1996. № 9—10. С. 5—9.
8. Наркелюн Л. Ф., Трубаев А. И., Яшкин А. З. Облицовочные камни Восточного Забайкалья: геология и технология добычи. Чита: ЧитГТУ, 1997. 131 с.
9. Наркелюн Л. Ф., Трубаев А. И., Салихов В. С., Зиновьев Ю. И. и др. Окисленные руды Удокана. Новосибирск: Наука, 1987. 101 с.
10. Птицын А. Б., Юргенсон Г. А., Трубаев А. И., Синица С. М. и др. Удокан: геология, рудогенез, условия освоения. Новосибирск: Наука, 2003. 160 с.
11. Салихов В. С. Условия образования и структурно-вещественные особенности стратиформного медного оруднения. Чита: ЧитГУ, 2008. 377 с.
12. Секисов А. Г., Зыков Н. В., Королев В. С. Дисперсное золото: геологический и технологический аспекты. М: Горная книга, 2012. 224 с.
13. Секисов А. Г., Лавров А. Ю. Инновации и менеджмент в золотодобывающей промышленности. Чита: ЗабГУ, 2016. 227 с.
14. Секисов А. Г., Манзырев Д. В. Наноразмерные структуры в воде и минералах. Чита: ЧитГУ, 2009. 228 с.
15. Секисов А. Г., Трубаев 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.
16. Трубаев А. И. Формационно-парагенетический анализ медистых песчаников и сланцев, закономерности их размещения и генезис. Чита: ЧитГУ, 2009. 346 с.
17. Трубаев А. И. Технологическая минералогия: Учебник для вузов. Чита: ЗабГУ, 2013. 330 с.

18. Трубацев А. И. Стратиформные медные месторождения Заир — Замбийского пояса. Чита: ЗабГУ, 2018. 150 с.
19. Трубацев А. И., Гудзь М. М. Карбонатные породы — важнейший вид облицовочного сырья Восточного Забайкалья // Вестник ЧитГУ, 2004. № 37. С. 66—69.
20. Трубацев А. И., Гудзь М. М. Восточно-Забайкальская провинция месторождений карбонатного сырья // Известия вузов. Геология и разведка. 2010. № 1. С. 41—45.
21. Трубацев А. И., Салихов В. С., Васильев В. Г. Стратиформные месторождения Забайкалья. Чита: ЗабГУ, 2014. 305 с.
22. Хатькова А. Н., Размахнин К. К. Минералого-технологическая оценка цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья. Чита: ЧитГУ, 2006. 243 с.
23. Хатькова А. Н., Размахнин К. К. Рациональные технологии переработки цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья. Чита: ЗабГУ, 2012.
24. Ozhogina, E. G., Kotova, O. B. New methods of mineral processing and technology for the progress of sustainability in complex ore treatment // IMPC 2018 — 29th International Mineral Processing Congress. 2019. Moscow. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (2-s2.0-85059377649). P. 32—40.
25. Kotova O. B., Harja M., Cretescu I., Noli F., Pelovski Y., Shushkov D. A. Zeolites in technologies of pollution prevention and remediation of aquatic systems // Vestnik of Institute of Geology of Komi SC of UB of RAS. 2017. № 5. P. 49—53.

References

1. Volodin R. N., Narkelyun L. F., Trubachev A. I., Chechetkin V. S., Bykov Yu. V., Skurskii M. D., Arhangelskaya V. V. *Udokanskoe mednoe i Katuginskoe redkometallnoe mestorozhdeniya Chitinskoj oblasti v Rossii* (Udokan copper and Katugin rare metal deposits of the Chita region in Russia). Chita: Poisk, 2004, 522 p.
2. Narkelyun L. F. *Geologo-tehnologicheskaya otsenka mineral'nogo syr'ya* (Geological-technological evaluation of mineral raw materials). Chita: ChitGTU, 2003, 366 p.
3. Narkelyun L. F., Bezrodnih Yu. P., Trubachev A. I., Salihov V. S. *Medistye peschaniki i slantsy yuzhnoi chasti Sibirskoi platform* (Copper sandstones and shales of the southern part of the Siberian platform). Moscow: Nedra, 1977, 223 p.
4. Narkelyun L. F., Salihov V. S., Trubachev A. I. *Medistye peschaniki i slantsy mira* (The sandy sandstones and shale of the world). Moscow: Nedra, 1983, 414 p.
5. Narkelyun L. F., Trubachev A. I., Chechetkin V. S., Zinovev Yu. I. *Udokan: prirodnye resursy i ih osvoenie* (Udokan: natural resources and their development). Novosibirsk: Nauka, 1984, 176 p.
6. Narkelyun L. F., Trubachev A. I., Salihov V. S., Bogdanov Yu. V et al. *Spravochnoe posobie po stratiformnym mestorozhdeniyam* (Reference manual on stratiform deposits). Moscow: Nedra, 1990, 391 p.
7. Narkelyun L. F., Trubachev A. I. *Vostochno-Zabaikalskaya provintsia oblitsovochnyh kamnei* (East Transbaikalian province of facing stones). Gornyi zhurnal, No. 9—10, 1996, pp. 5—9.
8. Narkelyun L. F., Trubachev A. I., Yashkin A. Z. *Oblitsovochnye kamni Vostochnogo Zabaikal'ya: geologiya i tehnologiya dobychi* (Facing stones of Eastern Transbaikalia: geology and mining technology). Chita: State University, 1997, 131 p.
9. Narkelyun L. F., Trubachev A. I., Salihov V. S., Zinovev Yu. I. et al. *Okislennye rudy Udokana* (Oxidized ores of Udokan. Novosibirsk). Novosibirsk: Nauka, 1987, 101 p.
10. Pitsyn A. B., Yurgenson G. A., Trubachev A. I., Sinit'sa S. M. et al. *Udokan: geologiya, rudogenez, usloviya osvoeniya* (Udokan: geology, ore genesis, development conditions). Novosibirsk: Nauka, 2003, 160 p.
11. Salihov V. S. *Usloviya obrazovaniya i strukturno-veshchestvennye osobennosti stratiformnogo mednogo orudneniya* (Formation conditions and structural-material features of stratiform copper mineralization). Chita: State University, 2008, 377 p.
12. Sekisov A. G., Zykov N. V., Korolev V. S. *Dispersnoe zoloto: geologicheskii i tehnologicheskii aspekty* (Dispersed gold: geological and technological aspects). Moscow: Gornaya kniga, 2012, 224 p.
13. Sekisov A. G., Lavrov A. Yu. *Innovatsii i menedzhment v zolotodobyvayushei promyshlennosti* (Innovation and management in the gold industry). Chita: ZabGU, 2016, 227 p.
14. Sekisov A. G., Manzyrev D. V. *Nanorazmernye struktury v vode i mineralah* (Nanoscale structures in water and minerals). Chita: ChitGU, 2009, 228 p.
15. Sekisov A. G., Trubachev A. I., Salihov V. S., Lavrov A. Yu., Manzyrev D. V., Shevchenko Yu. S. *Geologo-tehnologicheskaya otsenka i novye geotekhnologii osvoeniya prirodnogo i tehnogennogo zolotosoderzhashego syr'ya Vostochnogo Zabaikal'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.
16. Trubachev A. I. *Formatsionno-parageneticheskii analiz medistyh peschanikov i slantsev, zakonmernosti ih razmesheniya i genesis* (Formation-paragenetic analysis of copper sandstones and shale, patterns of their location and genesis). Chita: ChitGU, 2009, 346 p.
17. Trubachev A. I. *Tehnologicheskaya mineralogiya: Uchebnik dlya vuzov* (Technological mineralogy: Textbook for universities). Chita: ZabGU, 2013, 330 p.
18. Trubachev A. I. *Stratiformnye mednye mestorozhdeniya Zair-Zambiiskogo poyasa* (Stratiform copper deposits of Zaire - Zambian belt). Chita: ZabGU, 2018, 150 p.
19. Trubachev A. I., Gudzy M. M. *Karbonatnye porody — vazhneishii vid oblitsovochnogo syr'ya Vostochnogo Zabaikal'ya* (Carbonate rocks — the most important type of facing raw materials of Eastern Transbaikalia). Vestnik ChitGU, 2004, No. 37, pp. 66—69.
20. Trubachev A. I., Gudzy M. M. *Vostochno-Zabaikalskaya provintsia mestorozhdenii karbonatnogo syr'ya* (East Transbaikalian province of carbonate deposits). Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka. 2010, No. 1, pp. 41—45.
21. Trubachev A. I., Salihov V. S., Vasilev V. G. *Stratiformnye mestorozhdeniya Zabaikal'ya* (Stratiform deposits of Transbaikalia). Chita: ZabGU, 2014, 305 p.
22. Hatkova A. N., Razmahnin K. K. *Mineralogo-tehnologicheskaya otsenka tseolitsoderzhaschih porod Vostochnogo Zabaikal'ya* (Mineralogical and technological assessment of zeolite-containing rocks of Eastern Transbaikalia). Chita: ChitGU, 2006, 243 p.
23. Hatkova A. N., Razmahnin K. K. *Ratsionalnye tehnologii pererabotki tseolitsoderzhaschih porod Vostochnogo Zabaikal'ya* (Rational technologies for processing zeolite-containing rocks of Eastern Transbaikalia). Chita: ZabGU, 2012.
24. Ozhogina, E. G., Kotova, O. B. New methods of mineral processing and technology for the progress of sustainability in complex ore treatment. IMPC 2018 — 29th International Mineral Processing Congress. 2019, Moscow, Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (2-s2.0-85059377649) pp. 32—40.
25. Kotova O. B., Harja M., Cretescu I., Noli F., Pelovski Y., Shushkov D. A. Zeolites in technologies of pollution prevention and remediation of aquatic systems. Vestnik of Institute of Geology of Komi SC of UB of RAS, 2017, No. 5, pp. 49—53.