

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ КРУПНЫХ ОЛОВОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЧУКОТКИ

А. В. Волков, А. Л. Галямов

ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии
и геохимии РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 6 января 2022 г.

Олово в российской Арктике не добывается, несмотря на огромные запасы и ресурсы. А в советский период Арктика давала больше половины добычи СССР. В настоящее время практически вся добыча олова сосредоточена в Китае и других странах Азиатско-Тихоокеанского региона, месторождения которых постепенно истощаются. Россия большую часть необходимой оловянной продукции импортирует. Показано, что арктические ресурсы олова — крупнейший резерв не только отечественной, но и мировой экономики. Чукотский автономный округ (ЧАО) обладает значительными разведанными запасами и ресурсами олова, и до 90-х годов прошлого столетия добыча олова и вольфрама занимала ведущие позиции в экономике региона. В пределах округа выявлено несколько крупных месторождений олова, которые еще не разрабатывались: Пыркаайское, Экугское, Лунное и Кукенейское. Приводится их краткая геолого-экономическая характеристика. Кроме олова из комплексных руд чукотских месторождений возможно попутно добывать вольфрам, серебро, золото, а также индий — ценный металл для высокотехнологичной промышленности. Восстановление добычи олова в ЧАО — одна из важнейших задач социально-экономического развития Арктики, решение которой позволит обеспечить российских потребителей отечественной продукцией и полностью отказаться от импорта.

Ключевые слова: Чукотка, Арктическая зона, экономика, минерально-сырьевая база, олово, вольфрам, рудные месторождения, горнодобывающая промышленность.

Введение

Чукотский автономный округ (ЧАО) — крайняя северо-восточная часть Арктической зоны России (рис. 1). В 2021 г. исполнился 91 год со дня образования округа. За этот период здесь добыто более 200 тыс. т олова, около 90 тыс. т WO_3 и порядка 30 млн т угля. Кроме того, на территории округа было добыто более 1200 т золота и 2000 т серебра [1].

Добыча олова и вольфрама из россыпных и рудных месторождений в округе велась 51 год (с 1941 по 1992 гг.). В эксплуатацию были вовлечены крупные оловорудные месторождения: Валькумейское, Иультинское и многочисленные россыпи. С 1992 г. в связи с нерентабельностью добыча олова и вольфрама в регионе была прекращена. В настоящее время упомянутые выше рудники восстановлению не подлежат.

Данная публикация продолжает серию статей Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН [1—8], посвященных минеральным ресурсам Арктики. В ней рассматриваются современное состояние, проблемы освоения и перспективы развития минерально-сырьевой олова ЧАО. Кроме того, показаны проблемы мировой и российской оловодобывающей промышленности. Статья написана по результатам геолого-экономического и металлогенического анализа, а также на основе авторских экспертных оценок и доступных данных, опубликованных в научной и периодической печати, на интернет-сайтах. Главная цель публикации — показать перспективы развития оловодобывающей промышленности ЧАО.

Общие сведения

Чукотский автономный округ входит в состав Дальневосточного федерального округа (ДФО). Округ занимает Чукотский полуостров и ряд остро-

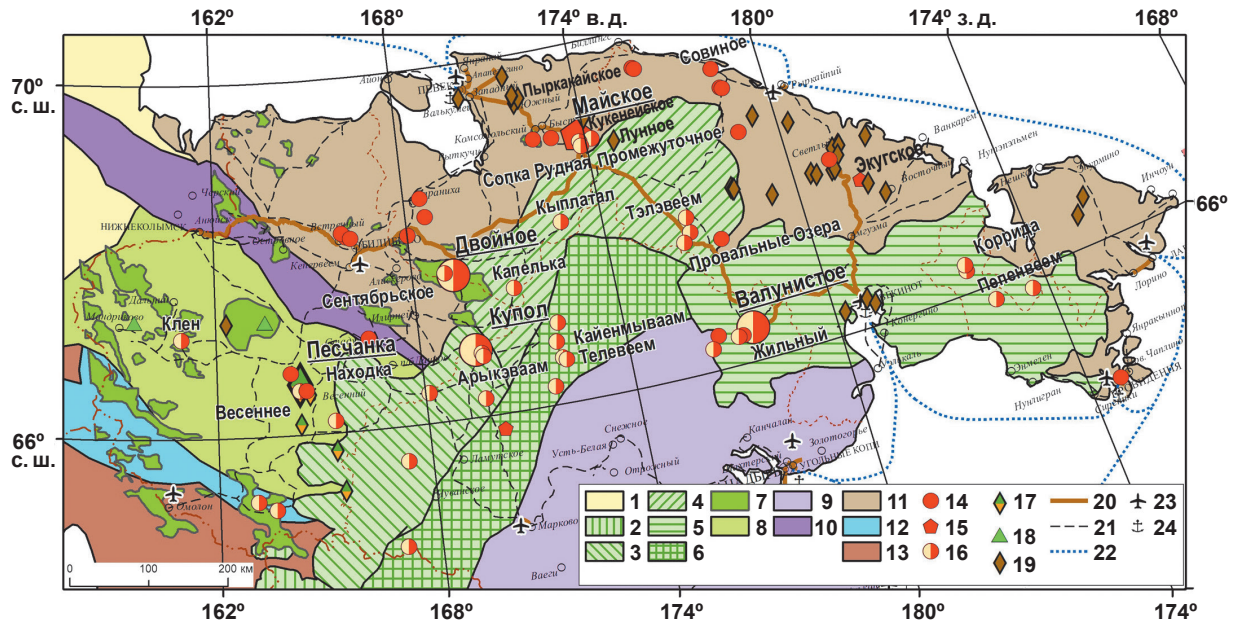


Рис. 1. Металлогеническая карта Чукотки с элементами инфраструктуры. Тектоническая основа по [9; 10] с изменениями и дополнениями. 1 — кайнозойский чехол; 2–6 — Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП): 2–4 — сектора ОЧВП: 2 — Пенжинский, 3 — Анадырский, 4 — Центрально-Чукотский; 5 — Восточно-Чукотская фланговая зона; 6 — внутренняя зона ОЧВП; 7 — нижнемеловые вулканические впадины; 8 — Олойский вулканический пояс; 9 — Корьякско-Камчатская складчатая система; 10 — Южно-Анюйская система; 11 — Чукотская складчатая система; 12 — палеозойско-мезозойские островодужные комплексы; 13 — деформированные палеозойско-мезозойские комплексы чехла Омолонского массива; 14–19 — рудные месторождения (большие значки — крупные, маленькие — средние и мелкие объекты): 14 — золото-кварцевые жильные; 15 — золото-сульфидные (вкрапленные); 16 — эпитермальные золото-серебряные; 17 — медно-молибден-порфировые, золото- и серебро-содержащие; 18 — колчеданно-полиметаллические в вулканических породах; 19 — оловорудные; 20 — гравийные автодороги; 21 — зимники; 22 — Северный морской путь; 23 — аэропорты; 24 — речные и морские порты

Fig. 1. Metallogenic map of Chukotka with infrastructure elements. The tectonic basis according to [9; 10] with changes and additions. 1 — Cenozoic cover; 2–6 — Okhotsk-Chukchi Volcanic belt (OChVB): 2–4 — OChVB sectors: 2 — Penzhinsky, 3 — Anadyr, 4 — Central Chukchi; 5 — East Chukchi flank zone; 6 — inner zone of OChVB; 7 — Lower Cretaceous volcanic depressions; 8 — Oloi volcanic belt; 9 — Koryak-Kamchatka folded system; 10 — South Anyui system; 11 — Chukchi fold system; 12 — Paleozoic-Mesozoic island-arc complexes; 13 — deformed Paleozoic-Mesozoic complexes of the Omolon massif cover; 14–19 — ore deposits (large icons — major, small — medium and small objects): 14 — gold-quartz vein; 15 — gold-sulfide (disseminated); 16 — epithermal gold-silver; 17 — copper-molybdenum-porphyry; 18 — polymetallic in volcanic rocks; 19 — tin; 20 — gravel roads; 21 — winter roads; 22 — Northern Sea Route; 23 — airports; 24 — river and sea ports

вов (Врангеля, Ратманова, Айон, Аракамчечен, Геральда и др.), омывается Восточно-Сибирским, Чукотским и Беринговым морями. Большая его часть находится в восточном полушарии, но сам Чукотский полуостров — в западном. Около половины территории округа расположено за Полярным кругом. Его площадь составляет 721,5 км² (шестой по площади субъект, занимает 4,2% территории России, 11,7% — ДФО и 17% — Арктической зоны). Численность населения — 49,3 тыс. человек (на 1 января 2021 г.). Плотность населения самая низкая в стране (0,07 человека на квадратный километр). Административный центр — Анадырь. Доля городского населения составляет 71,5%. На территории округа действует пограничный режим. Он граничит с США (штат Аляска) через Берингов пролив. Климат ЧАО суровый: на побережьях холодный, морской, во внутренних районах резко континентальный. Зима длится 8–9 мес. Средняя температура января на побережье Берингова моря от –15°C до –21°C, во внутренних частях от –27°C до –39°C.

В округе отсутствуют железнодорожное сообщение и развитая сеть автомобильных дорог. Необходимые грузы доставляются морским транспортом через пять морских портов: Анадырь, Беринговский (разгрузка с рейда), Певек, Провидения и Эгвекинот. Объем перевалки грузов в морских портах округа в 2019 г. составил 1,13 млн т. Из портов грузы доставляются в населенные пункты автомобильным транспортом. Общая протяженность автодорог — 2158,7 км, из которых 856,6 км дорог с твердым покрытием IV и V категорий. Основные грузоперевозки осуществляются по автозимникам, в том числе с продленным сроком эксплуатации (1285,3 км). В 2012 г. начато строительство федеральной автодороги Колыма — Омсукчан — Омолон — Анадырь (продолжение трассы Р-504 «Колыма» с территории Магаданской области) протяженностью около 1880 км. К настоящему времени введено около 170 км дороги. Планируемый срок строительства — 35 лет. Важную роль играет воздушный транспорт. Аэропорты Чукотки связаны регулярным сообщением с Москвой, Хабаровском и Магаданом, местны-

ми воздушными линиями — с райцентрами и национальными селами округа.

Потребность в электроэнергии полностью обеспечивается выработкой действующих электростанций. Особенность региона — наличие Билибинской АЭС и Певекской плавучей атомной теплоэлектростанции, которая должна заменить выбывающие мощности Билибинской АЭС (в 2025 г. завершается срок продления ресурса действующих блоков). Резерв мощности вдвое превосходит максимальный объем нагрузки.

Недра ЧАО богаты минеральным сырьем [1]. Перспективы развития горнодобывающего комплекса округа связаны в первую очередь с увеличением добычи золота, серебра и каменного угля, а также с началом освоения месторождения олова Пыркайские штокерки (городской округ Певек) и Бамской рудной зоны (Билибинский муниципальный район), в которую входит крупное по запасам меди, золота и молибдена месторождение Песчанка.

Проблемы мировой и российской оловодобывающей промышленности

Олово — один из первых металлов, освоенных человеком около 5 тыс. лет назад, в начале бронзового века. С развитием промышленности олово широко применялось наряду со сталью, медью и алюминием. За последние десятилетия наблюдается возрождение интереса к олову в связи с быстрым развитием электронной промышленности, где около 50% текущего производства этого металла используется в качестве припоя (рис. 26). В России картина обратная: основная часть олова идет на производство жести. Сплавы олова находят все больше высокотехнологичных применений, например в сверхпроводящих магнитах, современных солнечных элементах и жидкокристаллических дисплеях. Олово в странах Европейского союза было оценено как «критический металл», необходимый для перехода к низкоуглеродной экономике, и входит в десятку наиболее важных металлов, связанных с ключевой технологией обезуглероживания [11].

Мировое производство олова на рудниках в настоящее время составляет около 300 тыс. т в год, при этом доминируют Китай, Индонезия и Мьянма (рис. 2а). Мировое совокупное историческое производство олова может быть оценено примерно в 27 млн т (до 2020 г., по данным [12]). Только на четыре четко определенных региона приходится около 85% совокупной исторической добычи олова на рудниках: Юго-Азиатский оловянный пояс (Мьянма, Таиланд, Малайзия, Индонезия) с долей 40—45% общего мирового производства, Южно-Китайская провинция (20%), Центрально-Андский оловянный пояс (Боливия и Перу) (14%), Корнуолл (7%). На перечисленные выше регионы приходится около 70% запасов олова [13].

Почти все добываемое в настоящее время олово поступает из государств с формирующейся рыночной

экономикой и развивающихся стран (рис. 2а). Большое значение имеет кустарная и мелкомасштабная добыча, на долю которой приходится около 40% мирового рынка олова [14], главным образом в Мьянме, Индонезии, Лаосе, Вьетнаме, Демократической Республике Конго, Руанде, Нигерии и частично в Бразилии и Китае. Олово извлекают из оловянных и комплексных олово-вольфрамовых, олово-серебряных и олово-полиметаллических руд. Общие его запасы в недрах 40 стран оцениваются в 13 млн т, в том числе разведанные запасы составляют более 8 млн т. Запасы россыпных месторождений составляют 38%. Обеспеченность подтвержденными запасами современного уровня производства олова составляет в целом 32 года. Уникальные коренные месторождения олова характеризуются запасами более 100 тыс. т, крупные — 100—25 тыс. т, средние — 25—5 тыс. т и мелкие — менее 5 тыс. т. Наиболее крупными запасами и ресурсами обладают Китай, Россия, Бразилия, Индонезия и Египет (рис. 2в, 2г).

Рынок олова подвержен резким колебаниям ценовой конъюнктуры и ежегодным изменениям спроса и предложения. В последние десять лет на рынке наблюдался дефицит олова. Рост производства ограничивается недостатком сырья. В последние годы наблюдалось снижение объемов поставок в результате сокращения производства олова в Индонезии — главном мировом экспортере. Поэтому вложения в освоение новых месторождений олова и развитие его добычи имеют хорошую перспективу. Большая часть роста спроса приходится на азиатские рынки электроники.

По запасам олова (2121,5 тыс. т) Россия — одна из лидирующих стран [17]. Перспективы расширения МСБ обеспечивают значительные прогнозные ресурсы олова: только наиболее достоверные ресурсы категории Р1 достигают почти 611,5 тыс. т [17]. Несмотря на то что олово включено Правительством России в перечень стратегических видов минерального сырья, уровень освоенности МСБ крайне низок — на долю России приходится менее 1% мирового производства этого металла. Основная часть запасов российского олова заключена в недрах ДФО. Сегодня оловянный концентрат в России производит одно предприятие — ПАО «Русолово» (входит в полиметаллический холдинг «Селигдар»), которое разрабатывает месторождения Правояр-мийское и Фестивальное (Хабаровский край).

К 2010 г. в России добыча олова упала до минимальной — 150 т. Восстановление добычи началось в 2011 г. В 2015 г. она достигла 575 т, а в 2020 г. ПАО «Русолово» произвело более 2,5 тыс. т оловянного концентрата [13]. Один из стимулирующих факторов — нулевая ставка по налогу на добычу олова в ДФО до 2022 г. Внутренний спрос на металлическое олово низок (2—2,5 тыс. т в год), и половина его обеспечивается за счет импортных поставок [17]. Переработку оловянного сырья в России ведет Новосибирский оловянный комбинат (ОАО «НОК»),

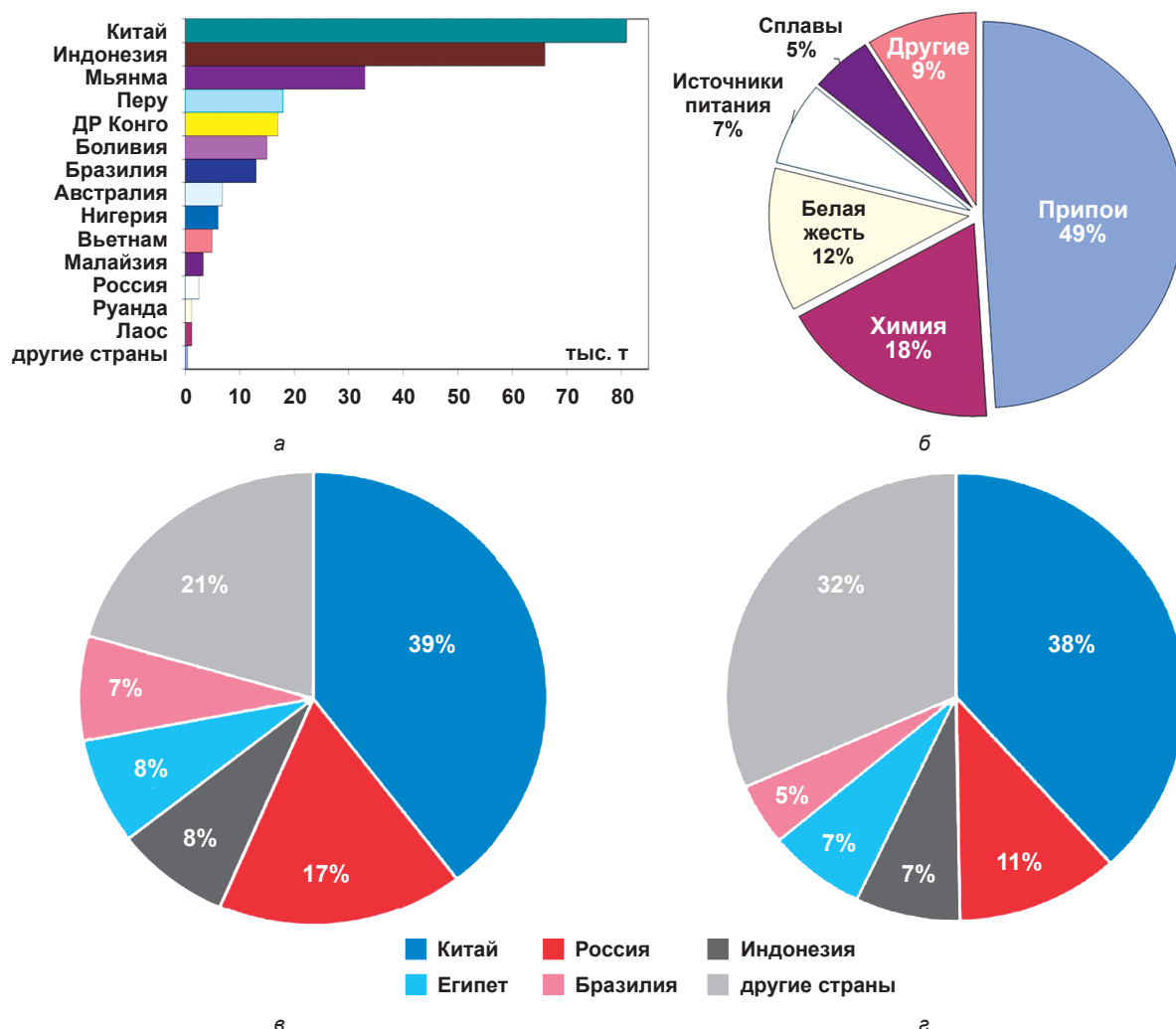


Рис. 2. Производство, применение, запасы и ресурсы олова в мире: а — производство олова в мире в 2020 г. [13], б — современное применение олова [15], в — глобальные запасы олова [16], г — глобальные ресурсы олова [16]
 Fig. 2. Production, use, reserves and resources of tin in the world: а — global tin production in 2020 [13], б — current uses of tin [15], в — global tin reserves [16], г — global tin resources [16]

который во времена СССР производил до 20 тыс. т рафинированного олова в год. По итогам 2020 г. на НОК было произведено более 2 тыс. т олова¹.

Перспективы развития добычи олова в Чукотском автономном округе

С начала освоения территория ЧАО рассматривалась в качестве крупнейшей оловоносной провинции. Высокая эффективность выполненных в советский период геолого-разведочных работ позволила в кратчайшие сроки обеспечить регион запасами олова и довести его годовую добычу до 10 тыс. т. Кроме эксплуатирувавшихся Иультинского и Валькумейского месторождений были открыты Пыркакайские штокверки — уникальное по запасам и крупнейшее в России месторождение олова, крупные месторождения Экугское, Кукеней-

ское и Лунное, перспективные рудные узлы Мраморный, Крестовский, Телекайский, десятки мелких месторождений.

На территории округа разведано более 15% российских запасов олова, в основном в коренных рудах [18]. Учтено 80 месторождений олова (16 коренных и 64 россыпных) с суммарными запасами ($A + B + C_1 + C_2$) 336,4 тыс. т [18]. На 1 января 2021 г. большинство месторождений олова ЧАО находится в нераспределенном фонде недр. Большая часть месторождений расположена в Чукотской металлогенической зоне (см. рис. 1). Доля рудных месторождений в суммарных запасах олова составляет около 90%, причем большая часть запасов (92%) сосредоточена в Пыркакайских штокверках, а также в Валькумейском и Иультинском месторождениях.

Пыркакайское месторождение олова — крупнейшее в России и четвертое по запасам в мире, его площадь около 25 км². Балансовые запасы олова

¹ <https://nok.ru/>.

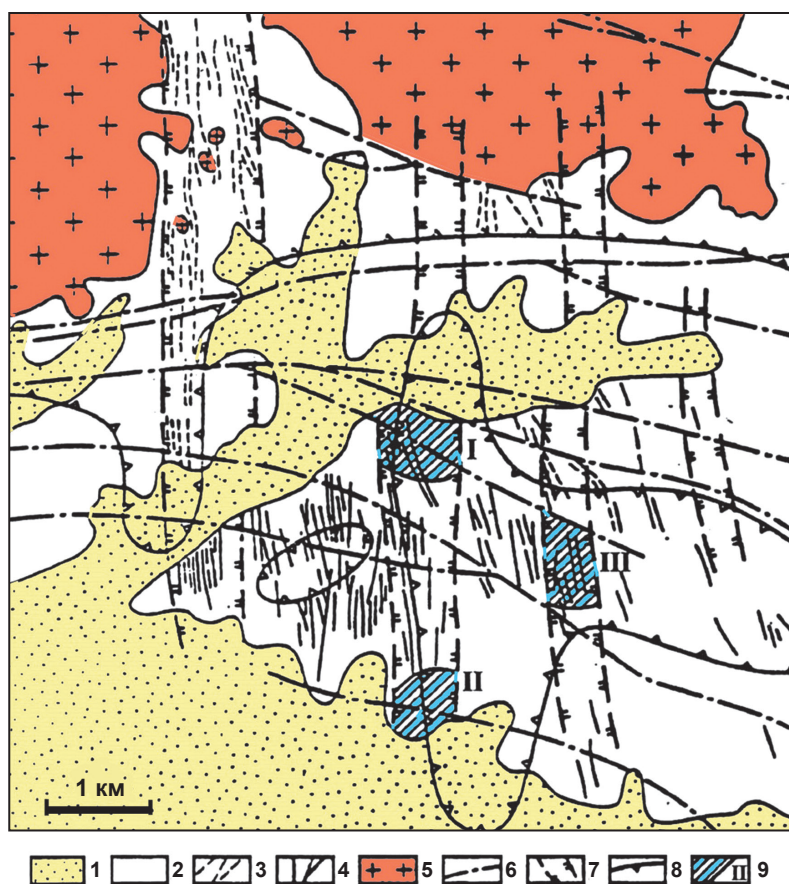


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Пыркакайского оловорудного узла: 1 – рыхлые отложения; 2 – песчано-сланцевая толща верхнего триаса; 3 – дайки кислого состава; 4 – лампрофиты; 5 – граниты; 6 – разрывные нарушения; 7 – контуры зон повышенной трещиноватости; 8 – контуры не выходящих на поверхность гранитоидных массивов; 9 – оловорудные штокверки: I – Первоначальный, II – Нагорный, III – Незаметный

Fig. 3. Schematic geological map of the Pyrkakai tin cluster: 1 – loose deposits; 2 – sandy-shale strata of the Upper Triassic; 3 – felsic dikes; 4 – lamprophyres; 5 – granites; 6 – faults; 7 – contours of zones of increased fracturing; 8 – contours of granitoid intrusion, that do not come to the surface; 9 – tin stockwork: I – Pervonachalny, II – Nagorny, III – Nezametny

категорий В + С₁ составляют 259,7 тыс. т, категории С₂ – 11,2 тыс. т [18]. Месторождение не эксплуатировалось. Владелец лицензии (с 2020 г.) – ПАО «Русолово». Месторождение представлено тремя крупными (Первоначальный, Нагорный и Незаметный) и четырьмя небольшими (Оперяющий, Центральный, Южный и Восточный) штокверками, расположенными на расстояниях 750–800 м друг от друга (рис. 3). Штокверки представляют собой участки метасоматически измененных пород, рассеченных серией маломощных (3–10 см) субпараллельных кварцевых прожилков. Месторождение расположено в надкупольной части «слепого» гранитоидного массива, выделенного по геофизическим данным. Размеры штокверков изменяются в плане от 50×200–100×400 до 1300×120 м. В центральных частях штокверков выделяются рудные столбы с повышенными содержаниями олова. По минеральному

составу руды относятся к касситерит-кварцевой формации. Содержание олова колеблется в пределах 0,21–0,24%, вольфрама – 0,01–0,019%, сопутствующие элементы: золото (0,05–0,13 г/т), серебро (0,67–4,18%), медь (0,034–0,065%), цинк (0,13–0,7%). Продуктивная минерализация практически полностью сосредоточена в кварцевых прожилках. Размеры вмещающей касситерита достигают 15–20 мм, составляя в среднем 5–6 мм. Крупный характер выделений касситерита, отсутствие его тесных сростаний с другими минералами и незначительное количество сульфидных соединений олова позволяют отнести руды Пыркакайских штокверков к категории легкообогащаемых.

Месторождение находится на территории Чаунского муниципального района в 76 км от районного центра Певека, с которым оно связано круглогодичной грунтовой автодорогой (см. рис. 1). Чаунский район – один из наиболее освоенных в ЧАО, он характеризуется достаточно развитой инфраструктурой: имеются крупный морской порт Певек, аэропорт «Апальгино», связанный постоянными авиалиниями с Москвой и Анадырем, сеть автодорог, линии связи. На территории района работает крупный Майский рудник (4,5 т золота в концентрате в прошлом году). Энергоснабжение райо-

на обеспечивает Чаун-Билибинская энергосистема мощностью 120 МВт. В 2020 г. в Певеке введена в строй плавучая атомная теплоэлектростанция мощностью около 70 МВт.

Проект освоения Пыркакайского месторождения, по данным ЗАО «Северное олово», предусматривает переработку около 6 млн т руды в год с выпуском 11,1 тыс. т олова и 814 т вольфрама в концентрате. Срок жизни рудника оценивался в 20 лет. Преимущества проекта по сравнению с месторождениями Якутии – развитая транспортная и энергетическая инфраструктура, открытый способ добычи. Кроме того, попутно могут добываться серебро, небольшое количество золота и, возможно, индий. Освоение месторождения позволит не только полностью обеспечить растущие потребности российской промышленности в олове, но и экспортировать часть продукции.

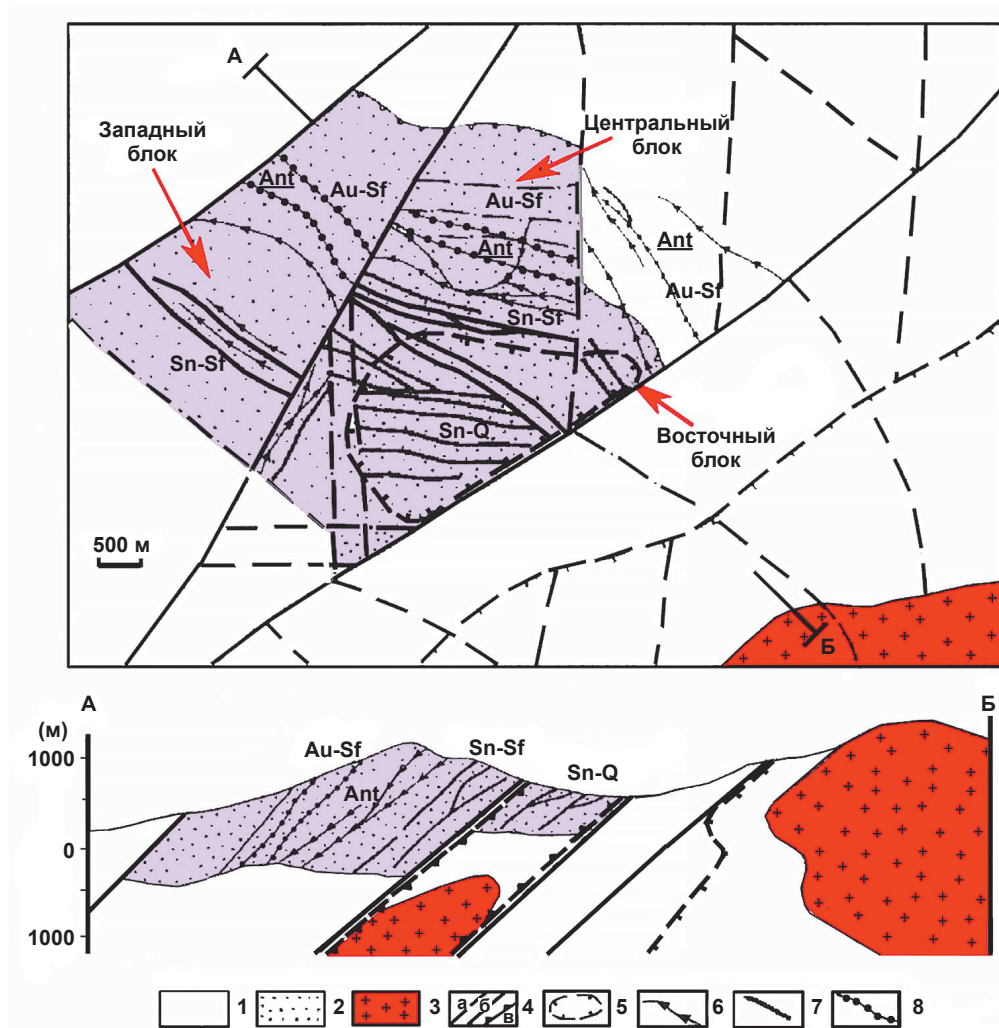


Рис. 4. Геолого-структурная схематическая карта и разрез Кукенейского касситерит-сульфидного месторождения: 1 — триасовые алевролиты и сланцы; 2 — триасовые песчаники; 3 — порфировые граниты; 4 — разломы: а — глубинные, б — второстепенные, в — геологические границы; 5 — роговики; 6 — дайки риолитов, кварцевых порфиров и лампрофиров; 7 — оловорудные тела; 8 — рудные зоны с золото-сульфидной вкрапленной минерализацией и антимонитовыми жилами

Fig. 4. Geological and structural schematic map and section of the Kukeneyskoye cassiterite-sulfide deposit: 1 — Triassic siltstones and shales; 2 — Triassic sandstones; 3 — porphyry granites; 4 — faults: а — deep, б — secondary, в — geological boundaries; 5 — hornfelses; 6 — dikes of rhyolites, quartz porphyries and lamprophyres; 7 — tin bodies; 8 — ore zones with gold-sulfide disseminated mineralization and antimonite veins

Кукенейское (Sn, Ag, Au, Pb, Zn, W) месторождение административно принадлежит к Чаунскому муниципальному району. Находится в 15 км к востоку от действующего Майского горно-обогатительного комбината (ГОК) (ПАО «Полиметалл»), связанного круглогодичной автодорогой (187 км) и высоковольтной линией (ЛЭП 110) с морским портом — административным центром района городом Певек (см. рис. 1). В советский период на площади рудного поля Комсомольский ГОК вел отработку россыпей олова. Месторождение относится к новой для Чукотки касситерит-сульфидной формации [19].

Месторождение расположено в северо-западном экзоконтакте одноименного гранитоидного массива и, судя по интерпретации геофизических данных, имеет отчетливую надинтрузивную позицию (рис. 4)

[19]. Рудная зона месторождения имеет в центральной части ширину более 500 м и прослежена с запада на восток на 4 км. На юге развитие оруденения прерывается контактом рудовмещающих песчаников с глинистыми сланцами (угол падения контакта 60° на северо-восток). Вмещающие терригенные толщи имеют северо-западное простирание и преимущественно западное падение. Месторождение разбито разломами северо-восточного простирания на три блока: Восточный, Центральный и Западный.

В пределах месторождения выявлены четыре субпараллельные кулисообразно залегающие мощные дайки гранит-порфиров (кварцевых порфиров) северо-западного простирания (см. рис. 4). Длина дайкового пояса более 4 км, мощность даек достигает в раздувах 50 м, в среднем — около 10 м, падение

крутое северное. Дайки лампрофиров приурочены к субмеридиональным разломам, их длина по простиранию — первые сотни метров, мощность до 3 м, падение крутое западное.

На месторождении установлено более 10 рудных тел, которые представляют собой минерализованные зоны дробления [20]. Рудные тела прослеживаются по простиранию на расстояние более 1 км и по падению на 400—500 м, средняя мощность рудных тел 2,2 м. Рудные тела в основном сложены касситерит-кварцевой (зальбанды) и касситерит-сульфидной минеральными ассоциациями (центральные части). В рудных телах концентрации олова распределены неравномерно (среднее содержание — 0,7—1,0%), образуя рудные столбы в местах сочленения нескольких рудных тел и на пересечениях с дайками гранит-порфиров, а также на участках сгущения субмеридиональных трещин. Содержание золота — в среднем 0,1 г/т, серебра — 80 г/т. Содержание свинца в некоторых рудных пересечениях достигает 9%, в среднем не превышает 0,3%.

По данным технологических исследований трех малых проб, промышленно ценный компонент в руде — олово [20]. При этом его извлечение варьирует от 68,2% до 81,37%. По технологическим свойствам руда относится к категории среднеобогатимых. Для попутного извлечения может представлять интерес серебро с содержанием до 252,2 г/т. В ходе обогащения был получен сульфидный продукт с извлечением серебра 67,1%. Распределение содержаний вольфрама, меди, цинка, свинца, висмута в технологических пробах неравномерное. Основная масса касситерита (73%) имеет размеры 0,1—1,0 мм, поэтому руда считается мелковкрапленной. Извлечение олова из первичных и окисленных руд примерно одинаково. Технологический процесс включает гравитацию и флотацию. Отвальные хвосты, получаемые при этом, практически безвредны.

По сумме качественных и количественных характеристик Кукенейское месторождение может быть отнесено к разряду крупных, отличающихся относительно простым строением [20]. Верхние горизонты рудных тел изучены по сети, соответствующей категории C_2 , что указывает на необходимый уровень достоверности увязки как по простиранию, так и по падению. Штольневое вскрытие возможно для рудных тел центрального блока. Целиком для месторождения может быть применена подземная отработка с помощью проходки спиралевидных уклонов. По данным Северо-Чукотской геолого-разведочной экспедиции (ГРЭ), величина запасов категории C_2 — 50 тыс. т олова, ресурсы категории P_1 — также 50 тыс. т.

Возможная производительность рудника — до 1 млн т руды в год, выпуск олова в концентрате — до 6 тыс. т. Освоение месторождения возможно по трем вариантам: строительство фабрики на месте добычи, строительство фабрики в районе Пыркайских штокверков с доставкой туда руды, модернизация действующей обогатительной фабрики Майско-

го ГОКа с доставкой туда руды. Во всех вариантах обеспеченность рудника запасами составляет около 25 лет.

Лунное рудное поле площадью 25 км² может служить одним из первоочередных объектов для обеспечения прироста запасов олова в Чаунском районе. Оно находится в 40 км к юго-востоку от Майского ГОКа и в 30 км южнее Кукенейского месторождения (см. рис. 1). Расстояние от порта Певек до месторождения по прямой — 260 км. По долинам крупных водотоков возможно круглогодичное использование гусеничного транспорта. В советский период на площади Лунного рудного поля Комсомольский ГОК вел старательскую обработку россыпей олова.

Месторождение Лунное, по данным Чаунской ГРЭ, локализовано в надинтрузивной зоне нескрытой гранитной интрузии. В его пределах выделены три рудные зоны меридионального простирания, которые контролируют положение нескольких перспективных участков: Восточная (участки Восточный, Отрожный, Аномальный), Водораздельная (участки Ребус, Водораздельный), Лабазная (участки Жильный, Лабазный, Подбазовый). Протяженность зон — первые километры при ширине до 1,5 км. К настоящему времени перспективы месторождения связывают с участками Отрожный и Подбазовый, оловорудные тела в пределах которых представляют собой линейные штокверки, реже рудные жилы. Касситерит в рудах мелкокристаллический, хотя в отдельных случаях встречаются кристаллы размером до 1 см. Рудные тела определяются опробованием. Запасы и прогнозные ресурсы по категориям $C_2 + P_1$ оцениваются в 50 тыс. т со средним содержанием 0,5% олова [18].

Руды месторождения легко обогащаются простейшими гравитационными методами с получением высококачественных оловянных концентратов марок КОЗ-I, КОЗ-II и КОС-I. Все пробы характеризуются высоким извлечением олова из руд: проба руды участка Аномальный — 78,81%, участка Водораздельный — 92,23%, участка Подбазовый — 96,59%, участка Лабазный — 86,75%. Спектральный анализ в концентратах руды участка Аномальный показал повышенное содержание серебра (0,05%), свинца (0,5%), в концентратах руды участка Водораздельный — вольфрама (0,1%) и серебра (0,03%).

Рудные тела месторождения увязаны неоднозначно. Руды недоизучены современными методами на высокотехнологические металлы (In, Cd, Bi, Ga, Ge) и другие попутные компоненты (Au, Ag, W, Mo), также представляющие большой интерес для современной промышленности. Несомненно, Лунное месторождение заслуживает внимания как потенциально крупный по масштабу объект, по-видимому, сочетающий в себе богатые рудные жилы с бедными крупнообъемными штокверками.

По аналогии с Кукенейским месторождением на Лунном возможна производительность ГОКа до 1 млн т руды в год и выпуск олова в концентрате до 6 тыс. т. Освоение месторождения также может

происходить по трем вариантам: строительство фабрики на месте добычи, строительство фабрики в районе Пыркаайских штокерков с доставкой туда руды, модернизация действующей обогатительной фабрики Майского ГОКа с доставкой туда руды. Во всех вариантах обеспеченность рудника запасами составляет более 25 лет.

Экугское оловорудное месторождение расположено в пределах Иультинского муниципального района ЧАО в 40 км к югу от бывшего поселка Иультин и в 4 км от шоссеной дороги, соединяющей последний с портом Эгвекинот (150 км, см. рис. 1). Самый близкий к месторождению поселок Геологический расположен примерно в 40 км к западу. Вдоль дороги сохранилась линия электропередачи 110 кВТ от ТЭЦ поселка Эгвекинот (мощность — 29,3 МВт). По рудоносным дайкам гранит-порфиров месторождения выполнены предварительная и детальная разведка с подсчетом запасов [18]. Месторождение отнесено к грейзеновому типу касситерит-кварцевой формации. Его площадь (5,25 км²) сложена песчаниками, алевролитами, глинистыми сланцами карнийского яруса мощностью 660 м. Осадочная толща смята в симметричную синклиналию брахискладку, вытянутую в северо-западном направлении. Интрузивные образования различны по составу и возрасту, представлены небольшими по размерам телами. Породы рудного поля претерпели существенные метасоматические изменения [21]. Флюорит-кварц-топазовые грейзены обнажаются в центральной части месторождения на площади 1 км². Они слагают залежь изометричной формы, большая часть которой перекрыта хлоритовыми метасоматитами. В разрезе залежь имеет линзовидную форму мощностью до 300—500 м. На месторождении известны три морфологических типа рудных тел: минерализованные дайки грейзенизированных гранит-порфиров, штокерковые зоны в грейзенах и хлоритовых метасоматитах, минерализованные зоны дробления. Олово в рудах заключено в касситерите и незначительно (0,01%) в станнине. Касситерит представлен зернами различной величины в матриксе грейзена, совместно с флюоритом, кварцем, топазом замещает вкрапленники полевых шпатов, слагая гнезда размером от первых миллиметров до 1—2 см. Содержание касситерита колеблется от сотых долей до 1—2%. Совместно с касситеритом в прожилках встречается вольфрамит. Среднее содержание олова в разведанных дайках минерализованных гранит-порфиров составляет 0,71—0,77%.

В грейзенах и хлоритовых метасоматитах установлено восемь оловоносных штокерков (рудные зоны № 1—8), а также пять минерализованных зон дробления (рудные тела № 1—5). Мощность штокерковых зон — до 100—165 м, длина — 300—900 м, протяженность по падению — до 100—300 м. Морфологически они выражены в виде залежей с субгоризонтальной подошвой и относительно крутой (40—60°) кровлей. Минерализованные зоны дробления представлены серией субпараллельных тре-

щин скола и отрыва протяженностью до 1 км при мощности 0,1—15 м. Представлены брекчиями, сцементированными аргиллизитовым агрегатом с сульфидными прожилками и гнездами, прожилками флюорита. Здесь наблюдаются наиболее крупные кристаллы касситерита (до 1—1,5 см), их сростки. Содержание олова достигает 5,55%.

Запасы олова по минерализованным дайкам гранит-порфиров утверждены в Государственном комитете по запасам СССР в 1983 г. и составили: C_1 — 11 227 т олова, C_2 — 798 т олова [18]. Средние содержания олова — соответственно 0,77% и 0,71%. Прогнозные ресурсы категории Р1 оцениваются в 1600 т олова. Запасы попутных компонентов в минерализованных дайках составили: 41,31 т серебра при среднем содержании 35,9 г/т и 1900 т меди при среднем содержании 0,17%. В штокерках и минерализованных зонах дробления, по данным Восточно-Чукотской ГРЭ, ресурсы категории Р1 по рудным зонам № 1, 3—8, Западной и рудным телам № 1—5 оцениваются в 86 383 тыс. т руды и 161 214 т олова при среднем содержании 0,19%.

По результатам исследований технологических проб из штокерковых зон руды признаны бедными и труднообогатимыми, что обусловлено мелкой и тонкой вкрапленностью касситерита, его тесной связью с сульфидами и породообразующими минералами. Общее извлечение олова в черновые концентраты составило 75,4%. После доводки чернового концентрата по комбинированной схеме флотация — концентрация — электрическая сепарация возможно получение оловянных товарных концентратов КОЗ-1 и КОШ-2.

Значительная мощность рудной зоны № 1, выходящей на поверхность, небольшой коэффициент вскрыши предполагают открытый способ отработки. Рудоносные дайки гранит-порфиров и минерализованные зоны дробления предполагается обрабатывать подземным способом. По общим оцененным запасам и прогнозным ресурсам Экугское месторождение относится к крупным штокерковым месторождениям с относительно бедными и труднообогатимыми рудами.

По аналогии с Пыркаайским месторождением на Экугском возможны производительность ГОКа на уровне 6 млн т руды в год и выпуск олова в концентрате до 9—10 тыс. т. Освоение месторождения возможно по двум вариантам: строительство фабрики на месте добычи и строительство фабрики в районе города Эгвекинот с доставкой туда руды. Срок жизни рудника составит около 20 лет.

Заключение

Анализ показал, что восстановление добычи олова в Чукотском автономном округе — одна из важнейших задач социально-экономического развития Арктики, ее решение позволит обеспечить российских потребителей отечественной продукцией и полностью отказаться от импорта, а часть продукции экспортировать. Рост потребления олова

и высокие цены на глобальном рынке² послужили основной причиной возросшего интереса к добыче этого металла в ЧАО, самом удаленном регионе российской Арктической зоны.

Развитие добычи олова в округе — важный фактор перспективного развития морских портов региона (Певека и Эгвекинота) и повышения загруженности Северного морского пути. В случае реализации рассмотренных выше проектов освоения крупных месторождений годовая добыча олова в ЧАО может в два-три раза превысить добычу в советский период.

Преимущество чукотских объектов по сравнению с месторождениями Якутии — достаточно развитая транспортная и энергетическая инфраструктура. Кроме того, на Пыркакайском, Экугском и Лунном месторождениях возможен открытый, наиболее дешевый способ добычи. Доходность может быть повышена за счет попутной добычи вольфрама, серебра, небольшого количества золота и ряда высокотехнологичных металлов.

Руды рассмотренных выше месторождений комплексные, поэтому их необходимо доизучить современными методами на высокотехнологичные металлы (In, Cd, Bi, Ga, Rb, Sr, Li, P3Э) и другие попутные компоненты (Au, Ag, W, Mo, Pb, Zn, Cu), представляющие большой интерес для современной промышленности.

В качестве отрицательного фактора, препятствующего развитию добычи олова на территории ЧАО, можно отметить наличие достаточных запасов олова в мире для обеспечения мировой потребности на 20—25 лет. При этом минерально-сырьевая база олова зарубежных стран характеризуется более благоприятными географо-экономическими и горно-геологическими условиями отработки по сравнению с чукотскими месторождениями.

Работа выполнена в рамках темы госзадания ИГЕМ РАН «Металлогения вулканогенных и складчатых орогенных поясов. Минеральные системы месторождений стратегических видов минерального сырья. Сравнение российских и мировых примеров».

Литература

1. Бортников Н. С., Лобанов К. В., Волков А. В. и др. Арктические ресурсы цветных и благородных металлов в глобальной перспективе // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 1 (17). — С. 38—46.
2. Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V. et al. Strategic Metal Deposits of Arctic Zone // *Geology of Ore Deposits*. — 2015. — Vol. 57, № 6. — P. 433—453. — DOI: 10.1134/S1075701515060021.
3. Волков А. В., Галямов А. Л. Перспективы горнодобывающей промышленности Гренландии // Арктика: экология и экономика. — 2016. — № 2 (22). — С. 24—34.
4. Галямов А. Л., Волков А. В., Лобанов К. В. Поисковая модель SEDEX-MVT месторождений арктической зоны // Арктика: экология и экономика. — 2016. — № 1 (21). — С. 47—55.
5. Галямов А. Л., Волков А. В., Лобанов К. В., Мурашов К. Ю. Перспективы выявления месторождений стратегических металлов в Арктической зоне России // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 1 (25). — С. 59—74.
6. Волков А. В., Галямов А. Л., Сидоров А. А. Перспективы развития добычи золота в Чукотском автономном округе // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 4 (28). — С. 83—97. — DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-83-97.
7. Волков А. В., Галямов А. Л., Сидоров А. А. Проблемы освоения минеральных ресурсов Арктики (на примере Чукотки и Аляски) // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 4 (32). — С. 4—14. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-4-14.
8. Волков А. В., Галямов А. Л., Лобанов К. В. Минеральное богатство Циркумарктического пояса // Арктика: экология и экономика. — 2019. — № 1(33). — С. 106—117. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-106-117.
9. Соколов С. Д., Бондаренко Г. Е., Морозов О. Л., Григорьев В. Н. Зона перехода Азиатский континент — Северо-Западная Пацифика в позднеюрско-раннемеловое время // Теоретические и региональные проблемы геодинамики. — М.: Наука, 1999. — С. 30—82.
10. Белый В. Ф. Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1994. — 76 с.
11. Moss R., Tzimas E., Willis P. et al. Critical metals in the path towards the decarbonisation of the EU energy sector. Assessing rare metals as supply-chain bottlenecks in low-carbon energy technologies: Scientific and Policy report / Joint Research Centre, European Commission. — Luxembourg: Publications Office, 2013. — 242 p.
12. Lehmann B. Formation of tin ore deposits: A reassessment // *Lithos*. — 2021. — Vol. 402—403. — 105756. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105756>.
13. Mineral commodity summaries 2021. — Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2021. — 200 p. — URL: <https://doi.org/10.3133/mcs2021>.
14. Sinclair W. D., Gonevchuk G. A., Korostelev P. G. et al. World tin and tungsten deposit database / Geological Survey of Canada, Open File 7688, 2014. — URL: <https://doi.org/10.4095/295581>.
15. Tin for the Future. An introduction to the tin market and the International Tin Association. — Hertfordshire, UK: Intern. Tin Association, 2021. — 5 p.
16. Global Resources and Reserves. Security of long-term tin supply 2020 Update. — Hertfordshire, UK: Intern. Tin Association, 2021. — 20 p.
17. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году». — М.: ФГБУ «ВИМС», 2020. — 494 с.

² www.internationaltin.org.cn.

18. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Чукотского автономного округа на 15.03.2021 г. — СПб.: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2021. — 6 с.
19. Волков А. В., Добротин Ю. Р. Новый тип оловянного оруденения в перивулканической зоне Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // ДАН. — 1990. — Т. 311, № 6. — С. 1423—1426.
20. Волков А. В., Сидоров А. А. Уникальный золоторудный район Чукотки. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. — 180 с.
21. Бородин Н. А., Приставко В. А. Геолого-геохимические черты Экуг-Туманинского рудного поля (Чукотка) // Тихоокеан. геология. — 2006. — Т. 20, № 6. — С. 88—103.

Информация об авторах

Волков Александр Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (119017, Россия, Москва, Старомонетный пер., д. 35), e-mail: tma2105@mail.ru.

Галямов Андрей Львович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (119017, Россия, Москва, Старомонетный пер., д. 35), e-mail: a-galyamov@yandex.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Волков А. В., Галямов А. Л. Перспективы освоения крупных оловорудных месторождений Чукотки // Арктика: экология и экономика. — 2022. — Т. 12, № 2. — С. 224—234. — DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-224-234.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MAJOR TIN ORE DEPOSITS IN CHUKOTKA

Volkov, A. V., Galyamov, A. L.

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS (Moscow, Russian Federation)

The article was received on 6 January, 2022

Abstract

Tin is not mined in the Russian Arctic, despite the huge reserves and resources. In the Soviet period, the Arctic provided more than half of the USSR's production. Currently, almost all tin mining is concentrated in China and other countries of the Asia-Pacific region, which deposits are gradually being depleted. Russia imports most of the tin products needed by the economy. The Arctic tin resources are the largest reserve not only of the domestic, but also of the world economy. Chukotka has significant proven reserves and resources of tin, until the 90s of the last century, tin and tungsten mining occupied leading positions in the region's economy. Several major tin deposits have been discovered within the district, but have not yet been developed: Pyrkakayskoe, Ekugskoe, Lunnoe and Kukeney. The authors give a brief geological and economic characteristic of the deposits. In addition to tin, from the complex ores of the Chukchi deposits it is possible to mine tungsten, silver, gold, as well as indium, a valuable metal for the high-tech industry. The restoration of tin mining in Chukotka is among the most important tasks in the socioeconomic development of the Arctic, the solution of which will provide Russian consumers with domestic products and completely abandon imports.

Keywords: Chukotka, Arctic zone, economy, mineral resource base, tin, tungsten, ore deposits, mining industry.

The work was carried out within the framework of the IGM RAS State Assignment: "Metallogeny of volcano-genic and folded orogenic belts. Mineral systems of strategic type deposits of mineral raw materials. Comparison of Russian and world examples."

References

1. Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V. et al. Arctic resources of nonferrous and noble metals in global prospects. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2015, no. 1 (17), pp. 38—46. (In Russian).
2. Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V. et al. Strategic Metal Deposits of Arctic Zone. *Geology of Ore Deposits*, 2015, vol. 57, no. 6, pp. 433—453. DOI: 10.1134/S1075701515060021.
3. Volkov A. V., Galyamov A. L. Prospects for the mining industry in Greenland. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2016, no. 2 (22), pp. 24—34. (In Russian).
4. Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V. Prospecting Model of SEDEX-MVT deposits in the Arctic zone. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2016, no. 1 (21), pp. 47—55. (In Russian).
5. Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V. et al. Prospects for identifying strategic metals deposits in the Russian Arctic. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2017, no. 1 (25), pp. 59—74. (In Russian).
6. Volkov A. V., Galyamov A. L., Sidorov A. A. Prospects of gold mining development in the Chukotka Autonomous district. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2017, no. 4 (28), pp. 83—97. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-83-97. (In Russian).
7. Volkov A. V., Galyamov A. L., Sidorov A. A. Problems of the Arctic mineral resources development (in terms of Chukotka and Alaska). *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2018, no. 4 (32), pp. 4—14. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-4-14. (In Russian).
8. Volkov A. V., Galyamov A. L., Lobanov K. V. The mineral wealth of the Circum-Arctic Belt. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2019, no. 1 (33), pp. 106—117. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-106-117. (In Russian).
9. Sokolov S. D., Bondarenko G. E., Morozov O. L. et al. The transition zone of the Asian continent to the Northwestern Pacific in the Late Jurassic. Early Cretaceous. Theoretical and regional problems of geodynamics. Moscow, Nauka, 1999, pp. 30—82. (In Russian).
10. Belyi V. F. *Geology of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt*. Magadan, SVKNII DVO RAN, 1994, 76 p. (In Russian).
11. Moss R., Tzimas E., Willis P. et al. Critical metals in the path towards the decarbonisation of the EU energy sector. Assessing rare metals as supply-chain bottlenecks in low-carbon energy technologies. Scientific and Policy report, Joint Research Centre, European Commission. Publications Office. Luxemburg, 2013, 242 p.
12. Lehmann B. Formation of tin ore deposits: A reassessment. *Lithos*, 2021, vol. 402—403, p. 105756. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105756>.
13. Mineral commodity summaries 2021. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, 2021. 200 p. Available at: <https://doi.org/10.3133/mcs2021>.
14. Sinclair W. D., Goneychuk G. A., Korostelev P. G. et al. World tin and tungsten deposit database. Geological Survey of Canada, 2014, Open File 7688. Available at: <https://doi.org/10.4095/295581>.
15. Tin for the Future. An introduction to the tin market and the International Tin Association. Hertfordshire, UK, Intern. Tin Association, 2021, 5 p.
16. Global Resources and Reserves. Security of long-term tin supply 2020 Update. Hertfordshire, UK, Intern. Tin Association, 2021, 20 p.
17. State Report “On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2019”. St. Petersburg, FGBU “VIMS”, 2020, 494 p. (In Russian).
18. Certificate on the state and prospects of using the mineral resource base of the Chukotka Autonomous Okrug on 15.03.2021. St. Petersburg, FGBU “VSEGEI”, 2021, 6 p. (In Russian).
19. Volkov A. V., Dobrotin Yu. R. A new type of tin mineralization in the perivolcanic zone of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt. *Doklady Akademii Nauk*, 1990, vol. 311, no. 6, pp. 1423—1426. (In Russian).
20. Volkov A. V., Sidorov A. A. Unique gold mining district of Chukotka. Magadan, SVKNII DVO RAN, 2001, 180 p. (In Russian).
21. Borodkin N. A., Pristavko V. A. Geological and geochemical features of the Ekug-Tumaninsky ore field (Chukotka). *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], 2006, vol. 20, no. 6, pp. 88—103. (In Russian).

Information about the authors

Volkov, Alexander Vladimirovich, Doctor of Geology and Mineralogy, Chief Researcher, Head of the Laboratory, Institute of Ore Deposit Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS (35, Staromonetny Lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: tma2105@mail.ru.

Galyamov, Andrey Lvovich, PhD of Geology and Mineralogy, Senior Researcher, Institute of Ore Deposit Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS (35, Staromonetny Lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: a-galyamov@yandex.ru.

Bibliographic description of this article

Volkov, A. V., Galyamov, A. L. Prospects for the development of major tin ore deposits in Chukotka. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 224—234. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-224-234.

© Volkov A. V., Galyamov A. L., 2022