

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ СУРЬМЫ В ЧУКОТСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ

А. В. Волков, А. Л. Галямов

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

Статья поступила в редакцию 14 января 2025 г.

Для цитирования

Волков А. В., Галямов А. Л. Перспективы добычи сурьмы в Чукотском автономном округе // Арктика: экология и экономика. — 2025. — Т. 15, № 1. — С. 37—47. — DOI: 10.25283/2223-4594-2025-1-37-47.

Статья поступила в редакцию 14 января 2025 г.

Сурьма — стратегически важный вид минерального сырья, встречающийся во многих районах Чукотского автономного округа — самого восточного региона на территории Арктической зоны России. Рассмотрены современные проблемы мировой и российской сурьмянодобывающей промышленности. Приводится краткая геолого-экономическая характеристика ряда перспективных объектов Чукотки. Показано, что создание минерально-сырьевой базы сурьмы — одна из стратегических задач в социально-экономическом развитии округа.

Ключевые слова: Чукотский автономный округ, арктическая зона РФ, экономика, минерально-сырьевая база, сурьма, золото, комплексные месторождения, горнодобывающая промышленность.

Введение

Сурьма жизненно важна для производства антипиренов, сплавов с низким коэффициентом трения, полупроводников и волоконной оптики, аккумуляторных батарей, военной техники и боеприпасов. Все перечисленное стимулирует растущий спрос в мире на этот важнейший полуметалл. Промышленность России в значительной степени зависит от импорта металлической сурьмы и продукции из нее, в первую очередь из Китая.

В современных геополитических условиях зависимость высокотехнологичной промышленности России от импортных поставок стратегических видов

минерального сырья — серьезная угроза национальной безопасности страны. Поэтому важнейший приоритет государственной политики — импортозамещение и создание производств полного цикла на основе отечественной минерально-сырьевой базы (МСБ) стратегических видов минерального сырья.

Сурьма — стратегически важный вид минерального сырья, встречающийся во многих районах Чукотского автономного округа (ЧАО) (рис. 1), самого восточного региона на территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Здесь известно несколько месторождений и рудопроявлений, которые содержат потенциально-промышленные концентрации сурьмы, а также многочисленные незаверенные геохимические аномалии и перспек-

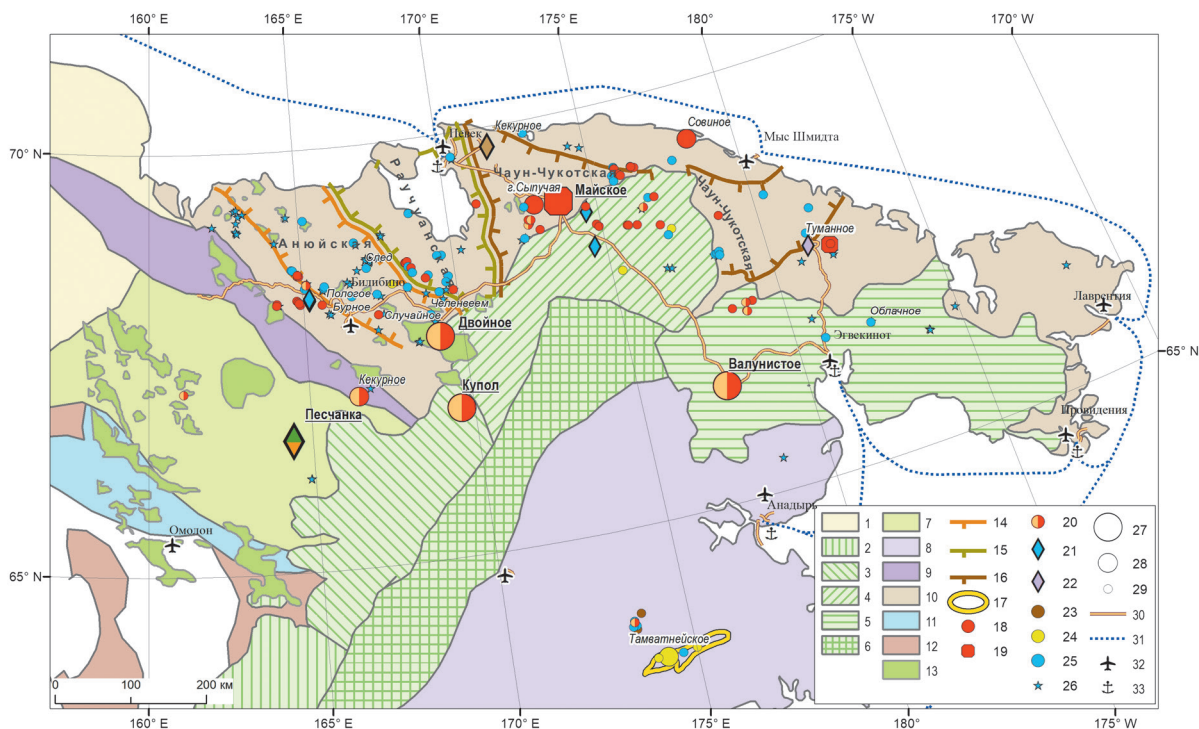


Рис. 1. Металлогеническая карта Чукотки с элементами инфраструктуры (тектоническая основа по [1; 2] с изменениями и дополнениями): 1 – кайнозойский чехол; 2–6 – Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП); 2–4 – сектора ОЧВП; 2 – Пенжинский, 3 – Анадырский, 4 – Центрально-Чукотский; 5 – Восточно-Чукотская фланговая зона; 6 – внутренняя зона ОЧВП; 7 – Олойский вулканический пояс; 8 – Корьякско-Камчатская складчатая система; 9 – Южно-Анюйская система; 10 – Чукотская складчатая система; 11 – палеозойско-мезозойские островодужные комплексы; 12 – деформированные палеозойско-мезозойские комплексы чехла Омолонского массива; 13 – нижнемеловые вулканические впадины; 14–16 – металлогенические зоны: 14 – Анюйская – Au, (Ag, Sb, Hg, Sn, W); 15 – Раучуанская – Au, Sn, W, (Ag, Pb, Sb, Hg); 16 – Чаун-Чукотская – Sn, W, Hg, Au, (Ag, Sb, Be, Pb, U, Li, Bi); 17 – Тамватнейская рудная зона (Hg, W, Sb); 18–26 – рудные месторождения: 18 – золото-кварцевые жильные; 19 – золото-сульфидно-кварцевые; 20 – эпитермальные золото-серебряные; 21 – медно-молибден-порфировые, золото- и серебросодержащие; 22 – молибденовые; 23 – оловорудные; 24 – ртутные; 25 – сурьмяные; 26 – пункты минерализации антимонита; 27–29 – масштаб проявлений: 27 – месторождения крупные; 28 – месторождения средние и мелкие; 29 – проявления; 30 – гравийные автодороги; 31 – Северный морской путь; 32 – аэропорты; 33 – речные и морские порты

Fig. 1. Metallogenic map of Chukotka with infrastructure elements (the tectonic basis of [1; 2] with changes and additions): 1 – Cenozoic cover; 2–6 – Okhotsk-Chukotka volcanic belt (OChVB): 2–4 – sectors of the OChVB: 2 – Penzhinsky, 3 – Anadyr, 4 – Central Chukotka; 5 – East Chukotka flank zone; 6 – internal zone of the OChVB; 7 – Oloy volcanic belt; 8 – Koryak-Kamchatka folded system; 9 – South Anyui system; 10 – Chukotka folded system; 11 – Paleozoic-Mesozoic island-arc complexes; 12 – deformed Paleozoic-Mesozoic complexes of the Omolon massif cover; 13 – Lower Cretaceous volcanic depressions; 14–16 – metallogenic zones: 14 – Anyuiskaya – Au, (Ag, Sb, Hg, Sn, W); 15 – Rauchuanskaya – Au, Sn, W, (Ag, Pb, Sb, Hg); 16 – Chaun-Chukotskaya – Sn, W, Hg, Au, (Ag, Sb, Be, Pb, U, Li, Bi); 17 – Tamvatney ore zone; 18–26 – ore deposits: 18 – gold-quartz vein; 19 – gold-sulfide-quartz; 20 – epithermal gold-silver; 21 – copper-molybdenum-porphyr, gold- and silver-bearing; 22 – molybdenum; 23 – tin ore; 24 – mercury; 25 – antimony; 26 – points of antimonite mineralization; 27–29 – scale of manifestations: 27 – large deposits; 28 – medium and small; 29 – occurrence; 30 – gravel roads; 31 – Northern Sea Route; 32 – airports; 33 – river and sea ports

тивные площади. На территории округа применение современных методов поисков и разведки позволит выявить новые месторождения.

Научные исследования, выполнявшиеся в течение последних лет в лаборатории геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, позволили обобщить имеющуюся информацию о минеральных ресурсах стратегических металлов ЧАО и наметить новые направления дальнейшей работы. Результаты этих исследований рассматриваются в данной статье. Главная цель публикации — показать перспективы развития МСБ

сурьмы ЧАО. Таким образом, настоящая статья продолжает серию работ сотрудников ИГЕМ РАН, посвященных минеральным ресурсам Арктики.

Чукотский автономный округ (краткие сведения)

Чукотский автономный округ входит в состав Дальневосточного федерального округа (ДФО) и расположен на крайнем северо-востоке России. Округ занимает Чукотский полуостров и ряд островов. Большая его часть находится в восточном полушарии, но сам Чукотский полуостров — в западном. Около половины территории округа расположено

за полярным кругом. Вся территория округа входит в АЗРФ. Округ занимает 4,2% территории России, 11,7% ДФО и 17% АЗРФ. Административный центр — Анадырь. На территории округа действует пограничный режим. Округ 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. Более подробная информация по ЧАО приведена в [3; 4].

В округе нет железных дорог и слабо развита сеть автомобильных дорог. Необходимые грузы доставляются морским транспортом по Северному морскому пути и далее в населенные пункты автомобильным транспортом. Основные грузоперевозки осуществляются по автозимникам, в том числе с продленным сроком эксплуатации. Важную роль играет воздушный транспорт. Потребность в электроэнергии полностью обеспечивается выработкой действующих электростанций.

Недра округа богаты минеральным сырьем. 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 Бамимской рудной зоны (Билибинский муниципальный район), включающей крупное по запасам меди, золота и молибдена месторождение Песчанка.

Проблемы мировой и российской сурьмянодобывающей промышленности

Сурьма известна с глубокой древности, примерно за 3000 лет до н. э. она использовалась для изготовления сосудов. Это серебристо-белый, блестящий, мягкий и хрупкий металл (полуметалл) — полупроводник, теплопроводность которого ниже, чем у большинства металлов. Из-за плохих механических свойств чистая сурьма используется лишь в очень небольших объемах; большие количества требуются для изготовления ее сплавов и соединений. Содержание сурьмы в земной коре составляет 0,2‰, что делает этот элемент примерно таким же редким, как некоторые из тяжелых редкоземельных элементов, и немного выше содержания серебра. Сурьма входит в группу V Периодической таблицы Менделеева наряду с оловом и теллуром. Атомный номер Sb — 51, а атомный вес — 122. Металл имеет низкую температуру плавления — 630°C и кипит при 1380°C.

Известно более 40 наиболее распространенных минералов сурьмы, но самый важный — антимонит, или стибнит (Sb_2S_3), содержание Sb в котором составляет 72%. Сурьма также встречается в виде оксида валентинита (Sb_2O_3) и в виде антимонидов и сульфантимонидов свинца, меди, цинка, серебра и золота.

Антимонит — основной источник металлической сурьмы для промышленной добычи. К другим распро-

страненным минералам, обнаруженным в полиметаллических месторождениях, содержащим высокие концентрации Sb и имеющим промышленное значение, относятся: тетраэдрит $(CuAgFeZn)_{12}(SbAs)_4S_{13}$ — 28% Sb, буланжерит $(Pb_5Sb_4S_{11})$ — 25% Sb, гудмундит $(FeSbS)$ — 59% Sb.

Применение сурьмы в промышленности

Как отмечалось выше, сурьма широко применяется для производства антипиренов — веществ или смесей, которые снижают горючесть материалов органического происхождения: древесины, полимерных соединений, натуральных и синтетических тканей и др. (рис. 2в). Металлическая сурьма используется как составная часть сплавов со свинцом, медью и цинком (см. рис. 2в), которым она придает прочность, твердость и коррозионную устойчивость. Сурьма применяется для изготовления «британского металла» (олово, сурьма и медь), идущего для производства посуды и утвари. На производство 1 т сплава расходуется от 30 до 200 кг сурьмы. Традиционные потребители сурьмы и ее сплавов — оборонная, автомобильная (свинцово-кислотные аккумуляторы), полиграфическая, химическая и стекольно-керамическая промышленность. Кроме того, сурьма применяется для воронения стали, в пиротехнике, медицине, косметической промышленности и для изготовления полупроводников. В последние годы растет применение Sb в жидкометаллических аккумуляторах для сетевого хранения периодически возобновляемой энергии ветра и солнца (см. рис. 2в). Таким образом, сурьма — один из ключевых стратегически важных металлов.

Заменители. Некоторые органические соединения и гидратированный оксид алюминия используются в качестве антипиренов вместо сурьмы. Соединения хрома, олова, титана, цинка и циркония заменяют химические вещества, содержащие сурьму, в эмалях, красках и пигментах. Комбинации кальция, меди, селена, серы и олова — заменители сплавов Sb в свинцово-кислотных аккумуляторах.

Запасы и ресурсы. По данным Геологической службы США [5], мировые запасы сурьмы составляют более 2 млн т. Основная их часть сосредоточена в Китае (32%), России (17,5%) и Боливии (15,5%), а также в Таджикистане, Таиланде, Боливии, ЮАР, Мексике, Киргизии и др. (35% суммарно).

Добыча и производство. Сурьму получают из сурьмяных, ртутно-сурьмяных и золотосурьмяных руд, попутно из полиметаллических, оловянных и вольфрамовых руд. Богатые особенно ценные для промышленности антимонитовые руды называются крудум. Последние применяются непосредственно для выплавки регулюса — металлической сурьмы. Минимальное содержание Sb в рудах для рентабельной переработки — 1,5—2,0%, а в комплексных рудах — более 0,5%. Основная часть вторичной сурьмы извлекается на заводах по выплавке вторичного свинца в виде сурьмянистого свинца,

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

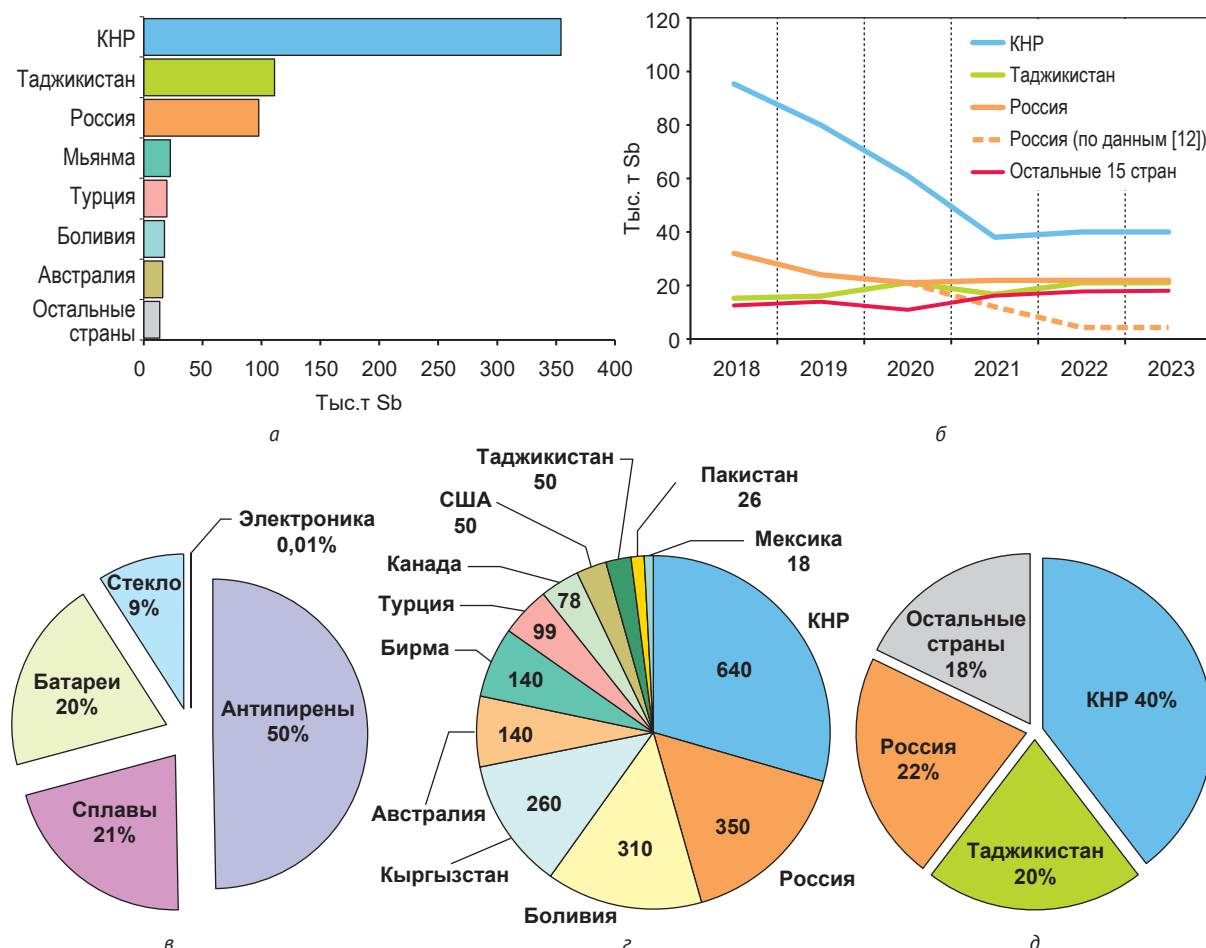


Рис. 2. Производство, применение и запасы сурьмы в мире: а – суммарное производство сурьмы за 2018–2023 гг. по [5]; б – производство сурьмы в 2018–2023 гг. по [5] и по экспертным отечественным данным (Россия); в – современные области применения сурьмы; г – глобальные запасы сурьмы в тыс. т. по [5]; д – производство Sb (тыс. т) за 2023 г. по [5], Россия – по экспертным данным

Fig. 2. Antimony production, use and reserves in the world: а – total antimony production for 2018–2023, according to [5]; б – antimony production in 2018–2023, according to [5] and according to expert domestic data (Russia); в – modern antimony applications; г – global antimony reserves in thousand tons according to [5]; д – Sb production (thousand tons) for 2023 according to [5], Russia – according to expert data

большая часть которого была произведена, а затем потреблена промышленностью по производству свинцово-кислотных аккумуляторов. Переработка на металлическую сурьму и ее триоксид осуществляется на основе собственного сырья в Китае и Боливии, а на импортном — в Киргизии, США, Франции и Бельгии [6]. Сурьма как критический металл заявлена в США [5], Европейском союзе [7] и России [6].

Проблемы сурьмянодобывающей промышленности

В настоящее время большая часть добычи сурьмы в мире сосредоточена в Китае, месторождения которого постепенно истощаются. Кроме Китая, в 2023 г. Sb добывалась в 15 странах [5]. Мировое производство Sb в концентратах составило 83 тыс. т, что примерно вдвое меньше, чем в начале века (см. рис. 2б). За последние несколько лет добыча Sb в Китае значительно сократилась. Тем не менее в 2023 г. эта

страна продолжала оставаться ведущим мировым производителем сурьмы, на ее долю приходилось 40% мирового объема добычи (см. рис. 2д). Китай доминирует в мировых поставках Sb на протяжении 110 лет, в том числе и в последние 10 лет (см. рис. 2а). Китай контролирует большую часть мирового рынка сурьмы и недавно объявил об ограничениях на ее экспорт, поэтому с мая 2024 г. цены на Sb резко подскочили с 12 до 20 тыс. долларов за тонну¹.

Доля России в мировой добыче сурьмы в последние годы составляет более 20% (см. рис. 2а и 2б), однако полученные сурьмяные концентраты в основном экспортируются, а большая часть необходимой экономике сурьмяной продукции поступает по импорту [6]. В мировом рейтинге стран — продуцен-

¹ <https://www.forbes.ru/biznes/519616-kitaj-ogranicivaet-eksport-sur-my>.

тов Sb Россия занимает третье место после Китая и Таджикистана (см. рис. 2а). Ведущим мировым месторождением по добыче сурьмы до недавнего времени было Олимпиадинское золотосурьмяное месторождение в России (ПАО «Полюс») с мощностью рудника 23 000 т в год. Однако в 2021—2023 гг. на этом руднике производство сурьмы заметно сократилось [5]. В настоящее время кроме гиганта ПАО «Полюс» добычу сурьмы ведет компания ООО «Гео-ПроМайнинг» на двух месторождениях Сентачан в Верхоянском районе и Сарылах в Оймяконском районе Якутии. Сурьму также добывает Новоангарский ГОК из руд Удерейского золотосурьмяного месторождения в Красноярском крае.

Текущая добыча сурьмяного сырья значительно перекрывает внутреннюю потребность России в сурьмяных товарных продуктах. Возможно также расширение добычи сурьмы путем вовлечения в эксплуатацию законсервированных (Сентачан, Жипюша и др.) и новых (Солонеченское, Пиль, Тан и др.) месторождений. Попутно сурьма может добываться из комплексных месторождений на территории АЗРФ Майское (ЧАО) и Кючус (Якутия). Возможно также увеличение МСБ сурьмы за счет поисковых и геолого-разведочных работ.

В России есть только одно предприятие, перерабатывающее сурьмянистые руды и производящее слитки и триоксид сурьмы, — Новосибирский научно-производственный центр «Электрум». Однако большая часть потребности отечественной промышленности, как уже отмечалось, удовлетворяется за счет импорта сурьмяной продукции. Таким образом, основная проблема сурьмянодобывающей промышленности России — отсутствие собственного масштабного производства металлической сурьмы и ее триоксида.

Геология месторождений и рудопроявлений сурьмы Чукотки

Месторождения сурьмы известны в складчатых областях и на активизированных платформах. Наиболее крупные из них установлены в складчатых структурах региональных зон разломов. Большинство месторождений расположено в трех глобальных рудных поясах: Тихоокеанском, Средиземноморском и Центрально-Азиатском. Месторождения сформировались из низкотемпературных гидротермальных растворов, связанных с базальтоидной магмой. Основная масса сурьмяных месторождений образовалась в мезозойскую и кайнозойскую металлогенические эпохи. В мезозойскую эпоху образовались многочисленные рудопроявления сурьмы и несколько комплексных месторождений Чукотки.

На территории Чукотки месторождения сурьмы представлены плутоногенно-гидротермальным генетическим типом, который включает два подтипа: комплексных руд, содержащих Au, As, Sb, Ag (Майское и др.) или Hg, W, Sb (Тамватнейское) и кварц-антимонитовый жильный. Кроме того, сурьма часто

присутствует в золотых, оловянных, ртутных и серебро-полиметаллических рудах, где входит в состав сульфосольных соединений либо встречается в виде антимонита.

Месторождения комплексных руд, как правило, среднего и небольшого масштаба. Месторождения контролируются интрузивно-купольными структурами, складчатыми толщами, разломами и трещеноватыми зонами. Рудовмещающие породы представлены терригенными и карбонатными отложениями, реже гранитоидами. Форма рудных тел преимущественно жильная, штокверковая, реже трубообразная и линзовидная. По простиранию жилы прослеживаются на десятки — первые сотни метров, по падению до 200—300 м при мощности 0,1—3,0 м. Типичный представитель на территории Центральной Чукотки — Майское Au-As-Sb месторождение.

Кварц-антимонитовые рудопроявления жильного подтипа пространственно связаны с песчаниками, глинистыми сланцами и гнейсами. Приурочены, как правило, к разломам, зонам дробления и брекчирования. Форма рудных тел жильная. Отдельные жилы прослеживаются в длину и на глубину до 300—500 м. Мощность их варьирует от 0,1 до 5—6 м. Богатые руды содержат от 2—3% до 40% Sb (в среднем 10%): главный рудный минерал — антимонит, второстепенные — бертьерит, гудмундит, пирит и арсенопирит.

Чукотский полуостров — одна из немногих территорий России, где сурьмяная минерализация установлена в пределах нескольких металлогенических зон (см. рис. 1): Анюйской — (Au, Ag, Sb, Hg, Sn, W), Раучуанской — (Ag, Pb, Au, Sn, Sb, W, Hg), Чаун-Чукотской — (Sn, W, Hg, Sb, Au, Ag, Be, Pb, Zn, U, Li, Bi), Тамватнейской (Hg, W, Sb, Cu, Pb, Zn).

В Тамватнейской рудной зоне на юге полуострова (см. рис. 1), известно несколько сурьмяно-ртутных проявлений [8]. Наиболее изучено Сурьмяное рудопроявление, размещающееся в протяженной зоне дробления северо-восточного простирания. На отрезке длиной 50—70 м дробленные и сцементированные кварцем песчаники тамватнейской свиты несут вкрапленное ртутно-сурьмяное оруденение. Средняя мощность рудного тела около 0,3 м. Главные рудные минералы антимонит и кинноварь. Содержание сурьмы — до 1%, ртути — до 0,14%. Аналогичное строение и минеральный состав имеют еще несколько рудопроявлений. Кроме этих объектов на участке Шаманий крупного Тамватнейского ртутно-вольфрамового месторождения содержание сурьмы в рудных телах не превышает 0,1%.

В Анюйской металлогенической зоне (западная Чукотка, см. рис. 1) сурьмяная минерализация связана с кварц-антимонитовыми жилами и прожилками, обычно в пределах золоторудных проявлений [9]. Представлена одним потенциальным месторождением и перспективными рудопроявлениями

ниями. Наиболее значительные рудопроявления сурьмы располагаются в осадочных породах палеозоя и мезозоя и локализованы в секущих крутопадающих жилах, брекчиевых телах и реже штокервообразных зонах. В целом сурьмяная минерализация контролируется крупными разрывными структурами северо-западного и реже северо-восточного простирания, развитыми в толщах дислоцированных терригенных отложений мезозоя и реже палеозоя. Рудовмещающими являются разрывные нарушения, оперяющиеся крупными разломами и приуроченные к антиклинальным структурам. Ниже приводится описание наиболее изученных рудопроявлений. Следует отметить, что большинство проявлений сурьмяной минерализации в Анойской зоне к настоящему времени слабо изучено. Поэтому объективно оценить их перспективы затруднительно. Однако, судя по приведенным выше сведениям, имеются благоприятные признаки, позволяющие прогнозировать потенциально промышленные объекты.

Месторождение Случайное расположено на восточном фланге Анойской зоны (см. рис. 1). На площади месторождения верхнетриасовые глинистые сланцы (пауктуваамская свита) прорваны дайками диоритовых порфиритов. Кварц-антимонитовые жилы локализованы в дайке диоритовых порфиритов и во вмещающих терригенных породах. Протяженность выходящего на поверхность участка минерализованной зоны дробления с комплексными золото-антимонитовыми рудами — 200 м при средней мощности 7 м. Фланги рудной зоны перекрыты делювиально-аллювиальными четвертичными отложениями. Содержание сурьмы составляет от 0,5% до 65,8% при среднем содержании по зоне 2,2%, золота — от 0,5 до 20,2 г/т при среднем содержании по зоне 1,4 г/т [9].

На **рудопроявлении Челенвеем**, расположенном на границе Анойской и Раучаунской металлогенических зон (см. рис. 1), глинистые сланцы пауктуваамской свиты верхнего триаса прорваны штоком дацитов (раннемеловой субвулканический комплекс) [10]. Последние разбиты разрывными нарушениями на серию блоков. Антимонитовая минерализация приурочена к зонам окварцевания и каолинизации вдоль северо-западных и северо-восточных разрывных нарушений. Канавами вскрыты три жилы белого среднезернистого кварца с гнездовой минерализацией антимонита. Падение жил крутое, простирание северо-западное, длина до 200 м, мощность до 3,6 м. Мощность линз и гнезд с антимонитом — 0,3 м, протяженность — первые метры. Среднее содержание сурьмы в пробах по этим линзам составляет 8,4%. На соседних участках сурьмяная минерализация пространственно связана с габбро-долеритами анойского комплекса и песчано-алевролитовыми породами кэпэрвеемской свиты. Здесь установлены аналогичные рудопроявлению Челенвеем кварцевые жилы мощностью 0,2—0,3 м с гнездами антимонита размером до 7 см и зоны

прожилков. Протяженность кварц-антимонитового прожилкования вдоль северо-западных разрывных нарушений достигает 1 км. По данным опробования содержание сурьмы от 1% до 5,96%.

На **рудопроявлении Пологое** в центральной части Анойской зоны (см. рис. 1) песчано-сланцевые отложения триаса прорваны интрузией диоритовых порфиритов и многочисленными дайками гранодиорит-порфиритов и лампрофиритов. Рудные тела локализуются как в осадочных, так и в интрузивных породах и представлены тектоническими брекчиями, в которых цемент сложен тонкозернистым кварцем с антимонитовой минерализацией в виде гнездовой вкрапленности и прожилков. Выявлено 16 рудных тел протяженностью 200—300 м со средней мощностью 8,8 м и средним содержанием сурьмы 0,99% и золота 0,64 г/т [9].

Рудопроявление След расположено среди песчаников позднеюрского возраста и аналогично по геологическому строению Пологому. Выявлены четыре рудных тела, представляющие собой кварц-карбонатные жилы и зоны дробления с кварцевым выполнением. Протяженность рудных тел 350—450 м, средняя мощность 0,5 м. Антимонитовая минерализация развита крайне неравномерно (вкрапления, прожилки, редкие гнезда). Содержание сурьмы в гнездах составляет от 15% до 43%, содержание золота не превышает 1 г/т [9]. Наибольший интерес представляют два рудных тела, где наблюдаются линзовидные гнезда антимонита длиной до 10 м и мощностью до 0,6 м.

На **рудопроявлении Бурное** выявлена кварц-антимонитовая жила протяженностью до 200 м и мощностью до 3,5 м. Среднее содержание сурьмы составляет 3% [9].

Китап-Гуйтеньрывеемское рудопроявление приурочено к мощной (до 50 м) зоне брекчирования на контакте нижне-среднекаменноугольных и нижнетриасовых отложений. Пластообразная залежь кварцево-известковистых брекчий прослеживается по простиранию на 3 км при мощности от 3 до 15 м. Сурьмяная минерализация прожилковая, гнездово-вкрапленная и представлена антимонитом, ассоциирующим с арсенопиритом, сфалеритом, галенитом и самородным золотом. Содержание сурьмы в рудных пробах колеблется в пределах 0,01—1,5%, золота — 0,1—0,9 г/т, серебра — 10—100 г/т [9].

В **Раучаунской металлогенической зоне** (западная Чукотка), как и в соседней Анойской зоне, сурьмяная минерализация представлена кварц-антимонитовыми жилами, обычно в пределах золоторудных проявлений [9]. Одно из наиболее изученных проявлений связано с потенциально-промышленным комплексным (Au, As, W, Sb) месторождением Эльвены [11; 12]. В пределах месторождения и рудного поля возможно выявление более 10 рудных зон с золотосульфидным вкрапленным оруденением. Ближайшие аналоги — месторождение Майское, расположенное в 300 км к востоку,

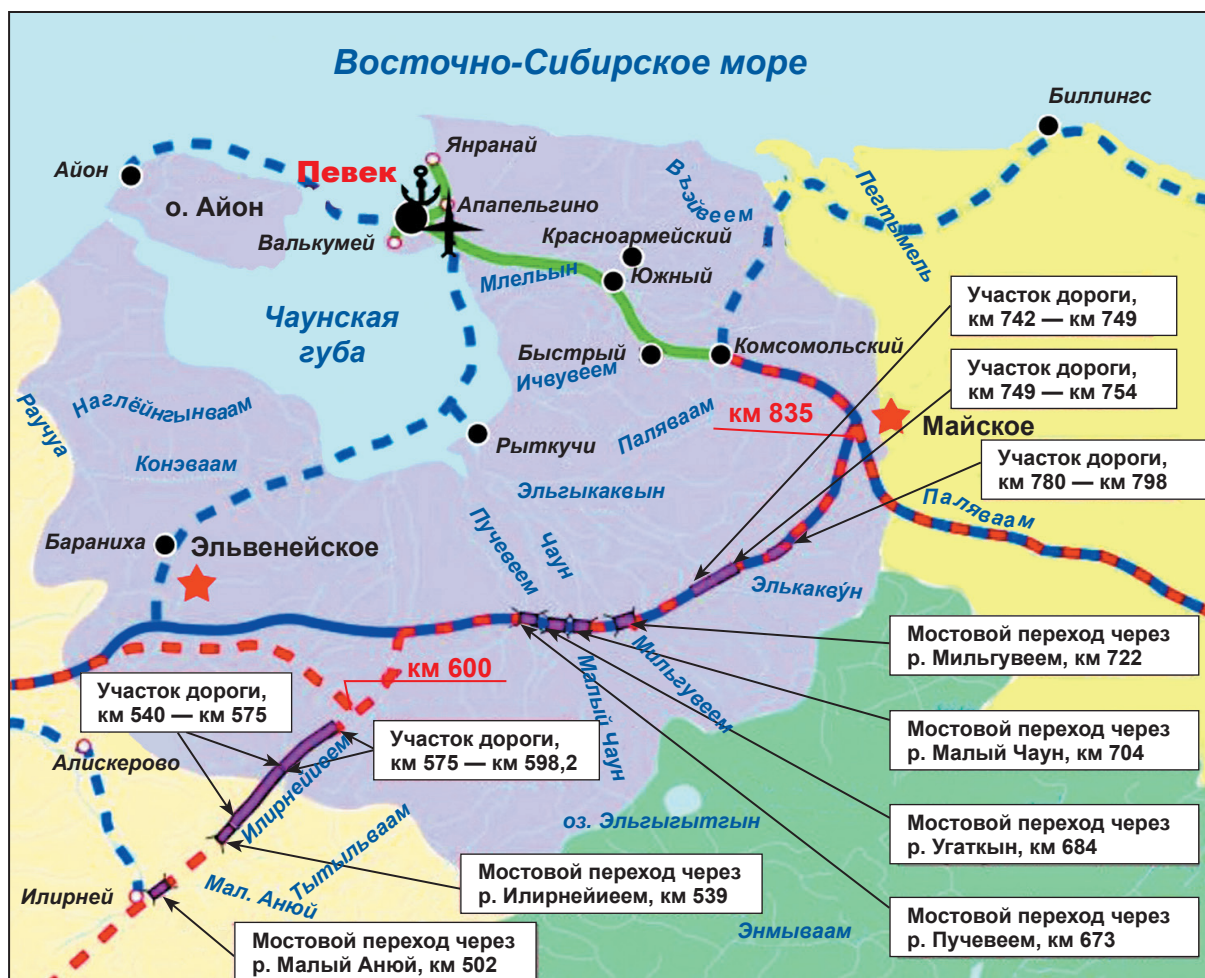


Рис. 3. Инфраструктурная схема Западной и Центральной Чукотки (фрагмент административной карты). Другие условные обозначения см. на рис. 1

Fig. 3. Infrastructure scheme of Western and Central Chukotka (fragment of the administrative map). For other symbols, see Fig. 1

и месторождение Туманное (Восточная Чукотка). В рудах месторождения кроме золота промышленную ценность представляют вольфрам, висмут, серебро, сурьма. Среднее содержание сурьмы в технологической пробе из рудного тела № 1 — 0,3%. Инфраструктура: местная 15-километровая дорога до трассы Певек — Билибино и ЛЭП 110 кВт, расстояние до Певека (морской порт, аэропорт, ТЭС 23 МВт, ПАТЕС 60 МВт) по этой дороге 540 км, по автозимнику — 170 км. Расстояние до поселка Билибино (аэропорт, АЭС 43 МВт) — 110 км (рис. 3). Прогнозный потенциал рудного поля, месторождения и рудного района заслуживает продолжения поисково-оценочных работ.

В **Чаун-Чукотской металлогенической зоне** (Центральная Чукотка, см. рис. 1) сурьмяная минерализация так же, как и в других зонах, связана с кварц-антимонитовыми жилами и прожилками, обычно в пределах золоторудных проявлений и месторождений. В целом сурьмяная минерализация контролируется крупными разрывными структура-

ми субмеридионального простираения, развитыми в толщах дислоцированных терригенных отложений среднего и верхнего триаса (зонах тектономагматической активизации [12]). Главные перспективы развития добычи сурьмы связаны с рудами комплексных золотосульфидных месторождений вкрапленных руд Майское и Туманное (рис. 1). Подробная характеристика этих месторождений приведена в [12]. В результате изучения технологических проб установлено, что основной полезный компонент руд Майского месторождения — золото 8,13—38,1 г/т, в среднем 12 г/т, попутные полезные компоненты: серебро 2,0—10,3 г/т, в среднем 3—4 г/т, и сурьма 0,1—7,0%, в среднем 0,16%. К вредным компонентам относятся: мышьяк 0,87% (в среднем) и углерод 0,19—1,44%. Таким образом, потенциально промышленные запасы сурьмы разведаны в недрах Майского месторождения (22 тыс. т), однако сурьма из них не извлекается. На действующем с 2013 г. руднике сурьма поступает во флотоконцентрат, однако остается в хвостах его дальнейшей пере-



Рис. 4. Инфраструктурная схема Центральной и Восточной Чукотки. Другие условные обозначения см. на рис. 1
 Fig. 4. Infrastructure scheme of Central and Eastern Chukotka (fragment of the administrative map). For other symbols, see Fig. 1

работки и уходит в отвал вместе с мышьяком. Вероятные потери этого ценного металла превышают 500—700 т ежегодно (возможно, и больше). Следует отметить, что аналогичная ситуация с сурьмой была на крупнейшем золоторудном руднике Олимпиадинском, но с 2017 г. после модернизации производства ее добыча в зависимости от среднего содержания в добываемых блоках, как упоминалось ранее, достигала 23 тыс. т ежегодно [5; 6].

Месторождение Туманное — потенциально крупный объект золотосульфидно-вкрапленного типа с двойными упорными рудами (аналог — месторождение Майское) [11; 12]. Оно расположено в 40 км к югу от поселка Иультин в 4 км от шоссе, соединяющей последний с портом Эгвекинот (рис. 4). Золотосурьмяные жилы в пределах месторождения известны с 1960-х годов [12]. Рудное поле месторождения Туманное находится на восточной границе Чаун-Чукотской металлогенической зоны (см. рис. 1) в Иультинском районе Чукотки (рис. 4). На месторождении установлены более поздние по отношению к вкрапленному золотосульфидному оруденению антимонит-кварцевые жилы (мощность 0,1—1,3 м, длина до 200 м, прослежены бурением на глубину 300 м). На заклю-

чительном этапе рудообразования локализуются многочисленные (более 70) кварц-антимонитовые жилы. Последние развиты преимущественно в минерализованных зонах, но иногда отмечаются и отдельно от них. Содержание сурьмы в них от 0,01% до 27%, золота — от 0,5 до 8—12 г/т. В первом рудном теле прогнозные ресурсы сурьмы (категории P₂) оцениваются в 12,8 тыс. т при среднем содержании металла 3,0%. По результатам изучения технологических проб сурьму предложено рассматривать в качестве полезного попутного компонента в руде, среднее содержание которого составляет 0,5%. Соседние месторождения: Экугское оловорудное локализовано в 4 км западнее, Потерянное комплексное (Zn, Pb, Sb, Sn, Cu, Ag) находится в 4 км южнее. Инфраструктура: местная дорога 40 км (см. рис. 4) от месторождения до автодороги 2-го класса и ЛЭП 110 кВ, далее 160 км до поселка Эгвекинот (порт, аэропорт, ТЭЦ 29,3 МВт). Потенциал рудного поля и месторождения Туманное заслуживает постановки детальных разведочных работ.

Восточная Чукотка. Сурьма известна на рудопроявлении Облачное (см. рис. 1) и пяти соседних проявлениях. Рудные тела локализуются в зонах

гидротермально и метасоматически измененных пород. Оруденение отнесено к антимонит-аргиллизитовой рудной формации [13].

Рудопроявление Облачное (наиболее изучено) локализовано в аргиллизированных верхнетриасовых базальтах. Выявлены два рудных тела, представляющих собой антимонит-кварцевые жилы мощностью 0,5 и 0,6 м, длиной до 300 м, расположенные параллельно в 50 м одна от другой. Кроме антимонита в жильном кварце присутствуют пирит, арсенопирит, халькопирит, стефанит, пираргирит, теннантит. Средние содержания сурьмы в рудных телах 0,6% и 5,7% [13].

Заключение

Анализ показал, что главная проблема сурьмяно-добывающей промышленности России — отсутствие собственного масштабного производства металлической сурьмы и ее триоксида.

Рост потребления сурьмы и высокие цены на глобальном рынке, а также геополитические риски служат основными причинами, стимулирующими начать ее добычу в Чукотском автономном округе, самом удаленном регионе российской Арктической зоны. Организация добычи сурьмы — одна из задач социально-экономического развития округа, решение которой позволит обеспечить российских потребителей отечественной продукцией, а часть продукции экспортировать.

Главные перспективы развития добычи сурьмы в округе связаны с рудами комплексных золотосульфидных месторождений вкрапленных руд (Майское, Туманное и др.). В случае реализации проектов освоения крупных золотосульфидных месторождений годовая попутная с золотом добыча сурьмы в ЧАО может достигать 3 тыс. т и более в год. Преимущества чукотских объектов — достаточно развитая транспортная и энергетическая инфраструктура, близость к Северному морскому пути.

В настоящее время можно организовать попутную добычу сурьмы на месторождении Майское по технологической схеме, реализованной на Олимпиадинском месторождении. Сурьма из руд Майского месторождения поступает во флотоконцентрат, однако остается в хвостах его дальнейшей переработки и уходит в отвал вместе с мышьяком. Из руд этого месторождения возможно получение до 800 т и более сурьмы в год.

В качестве отрицательного фактора, препятствующего развитию добычи сурьмы на территории округа, можно отметить наличие крупных запасов этого металла в других регионах России для обеспечения отечественной потребности в нем на 25 лет и более.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке темы госзадания ИГЕМ РАН (номер госрегистрации 124022400144-6).

Литература/References

1. 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.
2. Sokolov S. D., Bondarenko G. E., Morozov O. L., Grigor'ev V. N. 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).
3. Белый В. Ф. Геология Охотско-Чукотского вулкано-генного пояса. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1994. — 76 с.
4. Belyi V. F. Geology of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt. Magadan, SVKNII DVO RAN, 1994, 76 p. (In Russian).
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. Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V., Murashov K. Yu. Prospects for identifying strategic metals deposits in the Russian Arctic. Arctic: Ecology and Economy, 2017, no. 1 (25), pp. 59—74. (In Russian).
7. Волков А. В., Галямов А. Л. Экономическое значение оловорудных месторождений Чукотки // Арктика: экология и экономика. — 2022. — Т. 12, № 2. — С. 224—234. — DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-224-234.
8. Volkov A. V., Galyamov A. L. The economic significance of the tin deposits of Chukotka. Arctic: Ecology and Economy, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 224—234. (In Russian).
9. Mineral commodity summaries 2023. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, 2021, 212 p. Available at: <https://doi.org/10.5066/P144BA54>.
10. Хатьков В. Ю., Боярко Г. Ю., Болсуновская Л. М. и др. Обзор состояния сурьмяной отрасли России // Изв. ТПУ, Инжиниринг георесурсов. — 2022. — Т. 333, № 2. — С. 153—163. — DOI 10.187C0/24131830/2Q22/2/3568.
11. Khatkov V. Yu., Boyarko G. Yu., Bolsunovskaya L. M., Dibrov A. M., Tkacheva E. V. Review of current antimony industry position in Russia. Bull. of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering, 2022, vol. 333, no. 2, pp. 153—163. (In Russian).
12. Moss R., Tzimas E., Willis P., Arendorf J., Tercero Espinoza L. 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.
13. Владимирцева Ю. А., Емельянова Е. Н., Мельников Б. Д. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Р-60: мыс Наварин. Объяснитель-

ная записка. — СПб.: Картогр. ф-ка ВСЕГЕИ, 2001. — 162 с. + 6 вкл.

Vladimirtseva Yu. A., Yemelyanova E. N., Melnikov B. D., Svirina M. A., Stepina T. S., Surmilova E. P. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (new series). Sheet R-60: Cape Navarin. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2001, 162 p. + 6 incl. (In Russian).

9. Журавлев Г. С., Дубкова Л. П., Казаринов С. Л. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист R-58-(60): Билибино. Объяснительная записка. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. — 146 с. + 6 вкл.

Zhuravlev G. S., Dubkova L. P., Kazarinov S. L., Kalinin S. A., Prudnichenko V. S., Shumikhina M. K. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (new series). Sheet R-58-(60): Bilibino. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Publishing House, 1999, 146 p. + 6 incl. (In Russian).

10. Малышева Г. М., Исаева Е. П., Тихомиров Ю. Б., Вяткин Б. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Чукотская. Лист Q-59: Марково. Объяснительная записка. — СПб.: Картогр. ф-ка ВСЕГЕИ, 2012. — 226 с. + 1 вкл.

Malysheva G. M., Isaeva E. P., Tikhomirov Yu. B., Vyatkin B. V. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). The Chukchi series. Sheet Q-59: Markovo. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2012, 226 p. + 1 incl. (In Russian).

11. 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.

Volkov A. V., Galyamov A. L., Sidorov A. A. Prospects of gold mining development in the Chukotka Autonomous district. Arctic: Ecology and Economy, 2017, no. 4 (28), pp. 83—97. (In Russian).

12. Волков А. В., Гончаров В. И., Сидоров А. А. Месторождения золота и серебра Чукотки. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2006. — 220 с.

Volkov A. V., Goncharov V. I., Sidorov A. A. Deposits of gold and silver in Chukotka. Magadan, SVKNII FEB RAS, 2006, 220 p. (In Russian).

13. Бергер В. И. Сурьмяные месторождения. — Л.: Недра, 1978. — 296 с.

Berger V. I. Antimony deposits. Leningrad, Nedra, 1978, 296 p. (In Russian).

Информация об авторах

Волков Александр Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН, 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.

PROSPECTS FOR ANTIMONY MINING IN THE CHUKOTKA AUTONOMOUS AREA

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 January 14, 2025

For citing

Volkov A. V., Galyamov A. L. Prospects for antimony mining in the Chukotka Autonomous Area. *Arctic: Ecology and Economy*, 2025, vol. 15, no. 1, pp. 37—47. DOI: 10.25283/2223-4594-2025-1-37-47. (In Russian).

Abstract

Antimony is a strategically important type of mineral raw material, found in many areas of the Chukotka Autonomous Area, the easternmost region of the Russian Arctic zone. The article examines current problems of the world and Russian antimony mining industry. A brief geological and economic description of a number of promising objects in Chukotka is given. The authors show that the creation of a mineral resource base of antimony is one of the strategic tasks in the Area socio-economic development.

Keywords: *Chukotka Autonomous Area, Arctic zone of the Russian Federation, economy, mineral resource base, antimony, gold, complex deposits, mining industry.*

Funding

The work was carried out with the financial support of the IGEM RAS State Assignment topic (state registration number 124022400144-6).

Information about the authors

Volkov, Alexander Vladimirovich, Doctor of Geology and Mineralogy, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, 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.

© Volkov A. V., Galyamov A. L., 2025