

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НА СВИНЕЦ И ЦИНК РУДНЫЕ РАЙОНЫ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

А. В. Волков, А. Л. Галямов

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

Статья поступила в редакцию 12 января 2024 г.

Для цитирования

Волков А. В., Галямов А. Л. Перспективные на свинец и цинк рудные районы Арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. — 2024. — Т. 14, № 1. — С. 56—69. — DOI: 10.25283/2223-4594-2024-1-56-69.

На территории Арктической зоны Российской Федерации выделены рудные районы, перспективные на открытие и освоение Pb-Zn месторождений. Более 20 объектов рассредоточены в Мурманской и Архангельской областях, Ямало-Ненецком автономном округе, на Таймыре, в Республике Саха (Якутия) и Чукотском автономном округе. Большинство рудных районов расположено в 100-километровой зоне экономической доступности к Северному морскому пути. В пределах трех рудных районов возможно сформировать горнодобывающие кластеры, включающие несколько близко расположенных месторождений. Показаны перспективы открытия новых месторождений.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, рудный район, месторождение, свинец, цинк, горнопромышленный кластер.

Введение

В российской Арктике к настоящему времени открыто небольшое число Pb-Zn месторождений, среди которых осваивается только одно крупное — Павловское на Южном острове архипелага Новая Земля (рис. 1). Более 20 объектов рассредоточено в Мурманской и Архангельской областях, в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), а также на Таймыре, севере Республики Саха (Якутия) — РС(Я) и Чукотском автономном округе (ЧАО).

В предыдущих статьях были рассмотрены: геофизическая модель земной коры, геодинамиче-

ские обстановки формирования, поисковые модели и перспективы открытия Pb-Zn месторождений в российской Арктике [1—3].

Цель настоящей статьи — выделить полиметаллические рудные районы на территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), включающие Pb-Zn месторождения разных типов, обобщить и проанализировать имеющуюся геолого-экономическую информацию и показать перспективы развития их минерально-сырьевой базы (МСБ).

Данная публикация продолжает серию статей, подготовленных в ходе исследований в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, посвященных минеральным ресурсам Арктики.

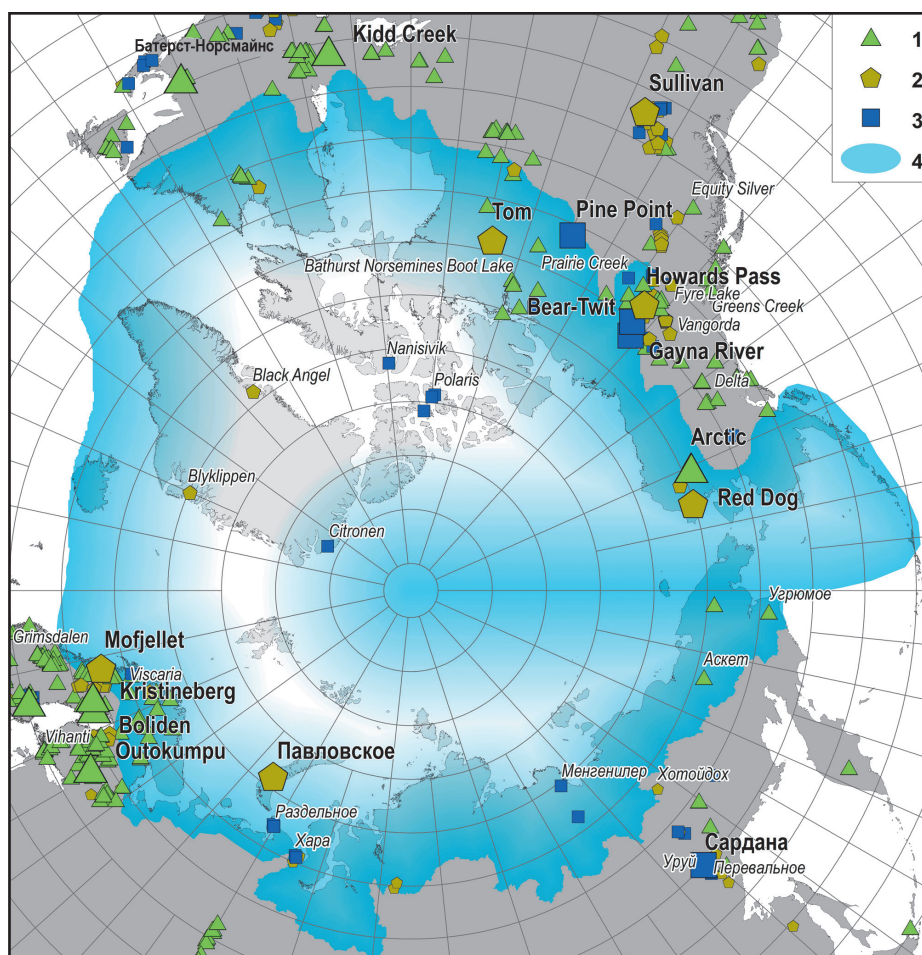


Рис. 1. Месторождения свинца и цинка Циркумарктического пояса. Составлено в результате пространственно-статистического ГИС анализа. Крупными значками на карте показаны месторождения с запасами руд более 40 млн т, или более 15–17 млн т суммы металлов. Типы месторождений: 1 — колчеданно-вулканогенные VMS, 2 — колчеданные в терригенных породах осадочно-эксталяционные SEDEX, 3 — стратиформные в карбонатных породах MVT (тип миссисипской долины)

Fig. 1. Lead and zinc deposits of the Circumarctic belt. Compiled as a result of spatial and statistical GIS analysis. Large icons on the map show deposits with ore reserves of more than 40 million tons or more than 15–17 million tons of total metals. Types of deposits: 1 — pyrite-volcanogenic VMS, 2 — pyrite sedimentary-exhaled SEDEX in terrigenous rocks, 3 — stratiform in carbonate rocks MVT (Mississippi Valley Type)

Минерально-сырьевые ресурсы Pb и Zn: состояние и использование

Pb-Zn месторождения, широко распространенные в мире, являются одним из важнейших источников стратегических металлов. В этих месторождениях заключена значительная часть всех запасов и ресурсов свинца и цинка, а также высокие концентрации критических металлов: Ag, Te, Sr, Ga, Bi, Cd, Te, In, Se, Re, Ge [4].

Наиболее крупными запасами свинца и цинка помимо России обладают Китай, США, Австралия, Канада и Перу [5]. В зарубежной Арктике известны крупные и суперкрупные месторождения — Ред Дог, Гринс-Крик (Аляска, США), Ховард Пасс, Пайн-Пойнт (Канада), Цитронен в Гренландии (см. рис. 1).

Основу мировой минерально-сырьевой базы Pb и Zn составляют колчеданно-полиметаллические месторождения в терригенных и карбонатно-терри-

генных формациях (SEDEX), колчеданно-полиметаллические в вулканогенных формациях (VMS) и свинцово-цинковые в карбонатных формациях (MVT). Основная часть мировых запасов приходится на месторождения типа SEDEX, запасы месторождений типов MVT и VMS составляют около 20% каждый [5].

В Арктике МСБ Pb и Zn продолжает оставаться рентабельной (Аляска, США) даже в условиях высокой инфляции, несмотря на рост прогнозируемых капитальных затрат на 30% [6].

По данным Statista, мировые запасы Pb составляют 201 млн т, а Zn — 455 млн т [7]. В России по состоянию на 2021 г. запасы и ресурсы Zn — 107 млн т, Pb — 34 млн т [8].

Данные международной группы по Pb и Zn (ILZSG) показывают, что в 2022 г. общий зарегистрированный уровень запасов Pb увеличился на 129 тыс. т, а запасы Zn увеличились на 33 тыс. т [9]. По про-

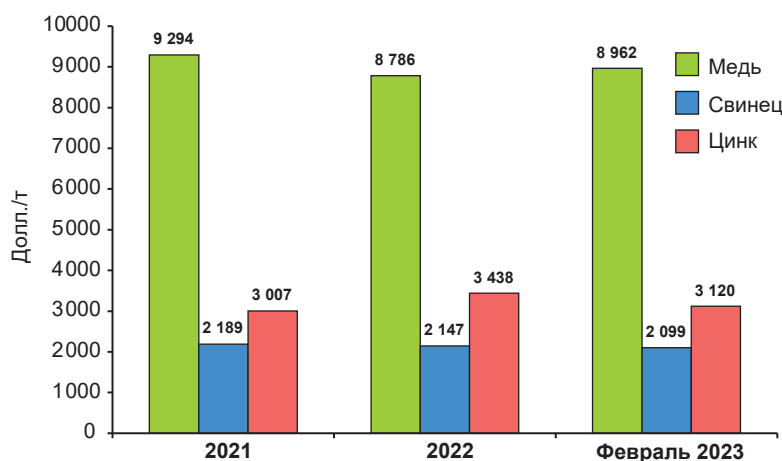


Рис. 2. Динамика цен на Cu, Pb и Zn за 2021–2023 гг. по [11]
Fig. 2. Price dynamics for Cu, Pb and Zn for 2021–2023 according to [11]

гнозам ILZSG на 2023 г. мировой спрос на очищенные Pb и Zn превысит предложение [10]. Ожидается, что рынок Cu, Ni, Pb и Zn вырастет до 392,98 млрд долл. в 2027 г. [9]. Производство металлов будет расти в основном за счет Китая. На рис. 2 приведена динамика цен на свинец и цинк за последние годы в сравнении с ценами на медь по данным [11]. Цены остаются практически на одном уровне.

Россия произвела около 212 тыс. т Pb и 287 тыс. т Zn в концентратах в 2021 г., большую часть которых экспортировала [8]. Так, свинцовый и цинковый концентрат Горевского ГОКа (Красноярский край) весь направлен в Китай, а концентрат Ново-Широкинского ГОКа (Забайкальский край) — в Казахстан.

В «Стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года» отмечается, что в ближайшие пять лет и в обозримом будущем дефицит Pb и Zn для нужд российских потребителей не ожидается [7]. Главным же потребителем Pb и Zn сегодня выступают автомобильная промышленность. В последние годы в России отмечался рост экспорта цветных металлов [11].

Очерк металлогении Pb и Zn в АЗРФ

В отечественной литературе, как и в зарубежных классификациях, Pb-Zn месторождения подразделяются на три главных типа — колчеданные в вулканогенных и терригенно-вулканогенных комплексах (Volcanic Massive Sulphide — VMS), колчеданные в углеродистых терригенных и терригенно-карбонатных комплексах (Sedimentary Exhalative — SEDEX) и стратиформные свинцово-цинковые в карбонатных комплексах (Mississippi Valley Type — MVT). Общими для этих месторождений являются стратоидный характер залежей и сходный общий минеральный состав руд при значительном различии в примесях. Кроме того, известны Pb-Zn месторождения и рудопроявления

скарнового, связанного с карбонатитами и жильного в терригенных толщах типов — менее значимые для промышленности. В рассматриваемых ниже полиметаллических районах АЗРФ известны Pb-Zn месторождения и перспективные рудопроявления практически всех упомянутых выше типов.

В российской части Фенноскандинавского щита кварцевые, кварц-кальцитовые и кварц-баритовые жилы, содержащие Pb-Zn-минерализацию, распространены по всему побережью Кольского полуострова. В настоящее время практическое значение может иметь Базарногубский рудный узел [21], выделяемый на севере Баренцевоморской минерагической зоны, в районе губ Базарной и Долгой.

На северо-восточной периферии Восточно-Европейской платформы в АЗРФ известна Пайхой-Новоземельская складчатая система [3] как северо-западная часть Урало-Монгольского пояса, соединяющая Пайхой, остров Вайгач, архипелаг Новая Земля и Полярный Урал (рис. 3). Единство пайхойд и уралид подчеркивается единой динамической системой, постепенной сменой шарьяжно-надвиговой динамики в полярных областях на транспрессионную в южных [12]. В этой системе известно несколько стратиформных свинцово-цинковых месторождений и перспективных рудопроявлений SEDEX и флюорит Pb-Zn типов (Павловское, Саурейское, Нижне-Талотинское и Вайгачская и Амдерминская группы соответственно и др.). Руды этих месторождений залегают в отложениях терригенно-карбонатной формации, представленных переслаивающимися карбонатными алевролитами, песчанистыми известняками, а также карбонатными алевросланцами и филлитами.

В складчатом обрамлении Сибирской платформы еще с 70-х годов прошлого века был выделен периплатформенный полиметаллический пояс [13]. В строении обрамления платформы выделяются Енисейская, Байкальская, Верхояно-Колымская



Рис. 3. Карта размещения в АЗРФ полиметаллических рудных районов с Pb-Zn месторождениями и рудопроявлениями. Составлена на основе пространственно-статистического ГИС анализа

Fig. 3. Location map of polymetallic ore regions with Pb-Zn deposits and occurrences in the Arctic zone of the Russian Federation. Compiled on the basis of spatial and statistical GIS analysis

и Таймырская складчатые области (и соответствующие им полиметаллические рудные районы), различные по глубинному строению и соотношениям осадочной и консолидированной коры. Вместе с тем разница в металлогенической специализации этих районов очевидна и определяется их геодинамическим развитием и глубинным строением [3]. Представляется, что эти различия также имели существенное влияние на масштаб и обстановки полиметаллического рудообразования. В АЗРФ находится только Таймырская складчатая область (ТСО) и Туора-Сисский складчатый пояс (ТССП).

ТСО рассматривается как коллизионная структура, сформированная вдоль границы столкновения Карской и Сибирской палеоплит [14]. Область располагается над утолщениями нижней «базальтовой» коры и его повышенной изменчивости [3], обусловленной проявлением глубинных корово-мантийных разломов и магматизма. Здесь оконтурен Восточно-Таймырский полиметаллический пояс (см. рис. 3), который включает Таймыроозерский, Подкаменно-Кульдимский и Трехестринский рудные районы с несколькими Pb-Zn месторождениями и рудопроявлениями [15].

Выявлено сходство геодинамических обстановок формирования Pb-Zn месторождений центрального Таймыра и Западного Верхоянья, которые могут быть объединены в Ag-полиметаллический Таймыро-Западно-Верхоянский металлогенический пояс [3].

ТССП — потенциальная полиметаллическая минерагеническая зона, в тектоническом плане совпадающая в своих границах с одноименным выступом основания Сибирской платформы. ТССП формировался как пассивная окраина после неопро-

тектонического этапа рифтообразования. Основную минерагеническую нагрузку ТССП определяет стратиформная Pb-Zn минерализация MVT-типа в терригенно-карбонатной формации кембрия Нижнеленского рудного района (см. рис. 3). Здесь выявлены два продуктивных стратиформных уровня — доломитовый (проявление Менгенилер) и известняковый (пункт минерализации в битуминозных известняках). На обоих горизонтах оруденение представлено преимущественно бедными рудами.

Геодинамические обстановки развития литосферы на западном и восточном флангах российской Арктики заметно отличались друг от друга. По представлениям Л. М. Парфенова [16], на северо-востоке России пассивные и активные континентальные окраины с островными дугами существовали начиная с рифея. Позднее в этом регионе Евразии происходила длительная кратонизация, которая завершилась лишь в позднем мезозое. Следует отметить, что эта группа геодинамических обстановок принадлежит северо-западному сегменту Тихоокеанского рудного пояса [17].

Pb-Zn месторождения и рудопроявления в восточной части АЗРФ связаны с островодужными терреймами и окраинно-континентальными вулканическими поясами и перивулканическими зонами тектоно-магматической активизации (ТМА).

В Экугской спателлитной интрузивно-купольной структуре одноименной зоны ТМА в терригенных черносланцевых верхнетриасовых толщах обнаружено перспективное Zn-Pb-Ag рудопроявление Потерянное (см. рис. 3) предположительно эпитептермального типа.

Майницкий полиметаллический рудный район размещается в границах одноименного остро-

дужного террейна субширотного простирания протяженностью 300 км и шириной 50—80 км (см. рис. 3). Выделенные структурные комплексы террейна существенно отличаются по металлогенической нагрузке. В нижнем рифтогенном комплексе залегают Красногорское хромит-платинометалльное рудопроявление и крупное ртутно-вольфрамовое Тамватнейское месторождение, а с верхним вулканогенно-осадочным островодужным — полиметаллические рудопроявления VMS-типа (Угрюмое и др.).

Ассоциация хромитового и платиноносного мафит-ультрамафитового комплекса с базальт-плагиоориолитовыми вулканитами и медно-колчеданным оруденением энзиматических палеоостроводужных систем Майницкого района напоминает металлогенический облик колчеданосных поясов Урала [18].

Краткая геолого-экономическая характеристика полиметаллических районов АЗРФ

В результате металлогенического анализа (см. предыдущий раздел) в АЗРФ были выделены рудные районы с известными Pb-Zn месторождениями и потенциально перспективные на открытие новых объектов (с запада на восток): Базарногубский, Новоземельский, Вайгачский, Амдерминский, Саурейский, Таймырский, Нижнеленский, Экугский, Майницкий (см. рис. 3).

В **Базарногубском рудном районе** (рудном узле [21]) известны пять Pb-Zn проявлений жильного типа: губа Базарная (9 жил), губа Долгая (5 жил), Самуил (7 жил), София (1 жила), Раиса (8 жил) и др. Из 80 известных рудных жил только 19 представляют интерес. Размещение жил контролируется разломами северо-восточного простирания. Длина жил от 100 до 1400 и 2700 м (гора Долгая), мощность от 0,5 до 2,5 и иногда 30—80 м. Среднее содержание Pb в жилах — 9%, Zn — 4,87%, Ag — 7 г/т; среднее содержание в сфалерите: Cd — 3189 г/т, Ga — 150 г/т, Ge — 476 г/т; содержание золота достигает 0,3 г/т [21]. Прогнозные ресурсы Pb и Zn незначительны и составляют по категории P_1 (сумма по всем жилам в тыс. т): 104,7 — Pb и 46,8 — Zn [21]. Богатые жильные руды, учитывая развитую инфраструктуру Мурманской области и возможность морской транспортировки концентратов, могут представлять интерес для развития старательской добычи.

Новоземельский рудный район расположен в северной части Южного острова архипелага Новая Земля (см. рис. 3). Здесь на крупном Павловском месторождении разведаны богатые Zn-Pb-Ag руды SEDEX типа. Кроме того, в районе известны несколько рудопроявлений (Северное, Перья, Промысловое, Пиритовое, Дайковое и Первальное).

Павловское — четвертое по величине месторождение Zn-Pb руд в России. По последним данным ¹,

запасы месторождения составляют 2,48 млн т цинка, 465 тыс. т свинца, 670 т серебра. Минеральные ресурсы Павловского месторождения оцениваются в 55 млн т руды при среднем содержании условного цинка 4%, при этом ресурсы цинка, свинца и серебра оцениваются в 2 млн т, 430 тыс. т и 942 т соответственно.

АО «Первая горнорудная компания» (ПГРК), предприятие холдинга АРМЗ, планирует создать горнодобывающий комбинат (ГОК), включающий карьер по отработке месторождения Павловское и морской порт. Это важнейший проект госпрограммы социально-экономического развития АЗРФ. Грузовой оборот порта планируется до 500 тыс. т в год. Производительность ГОКа будет до 260 тыс. т цинкового и около 67 тыс. т свинцового концентрата, а также 16 т серебра ежегодно; возможна попутная добыча Ge. Существенную часть продукции планируется экспортировать в дружественные страны по Северному морскому пути (СМП). В Архангельской области благодаря освоению Павловского месторождения будет создано около 2000 рабочих мест, из которых 800 непосредственно на ГОКе и портовом комплексе. По предварительным оценкам, бюджет области будет получать не меньше 1 млрд руб. в год. Начало строительства ГОКа и порта было перенесено на 2023 г в связи с санкциями [19].

Дальнейшее развитие МСБ «ПГРК» возможно за счет минеральных ресурсов Zn-Pb Пайхой-Новоземельской минерагенической провинции, которая включает три полиметаллических рудных района (см. рис. 3), характеристика которых приводится ниже.

Вайгачский рудный район находится на территории Ненецкого автономного округа (НАО) и входит в состав заказника на острове Вайгач. Расстояние до столицы НАО города Нарьян-Мар — 370 км, до порта Амдерма — около 63 км. В период навигации грузовые перевозки осуществляются на судне из поселка Каратайка (120 км). На острове Вайгач в силурийских и раннедевонских карбонатных толщах известны небольшие стратиформные Pb-Zn-флюоритовые месторождения (Раздельное, Пайготинское, Талата-Сале, Красное), часть которых отработывалась в 1932—1935 гг. Кроме того, на острове выявлены 42 рудопроявления Zn и Pb [20]. Запасы Zn и Pb на острове невелики, ресурсы разных категорий суммарно достигают 4 млн т [21]. В районе установлены прогнозно-поисковые критерии для выявления крупных стратиформных Pb-Zn залежей среди доломитов и известняков лландоверийского яруса нижнего силура [20; 21].

Саурейский рудный район находится в 80 км восточнее Амдерминского на побережье Байдарацкой губы (см. рис. 3). По имеющимся запасам и прогнозным ресурсам Pb, Cu и Zn [23] этот район может рассматриваться в качестве первоочередного для освоения. Его богатые полиметаллами недра могут служить дополнительной МСБ для развития и продления жизни Павловского ГОКа или строительства

¹ АО «Первая горнорудная компания». — URL: <https://pgrk.armz.ru/ru>.

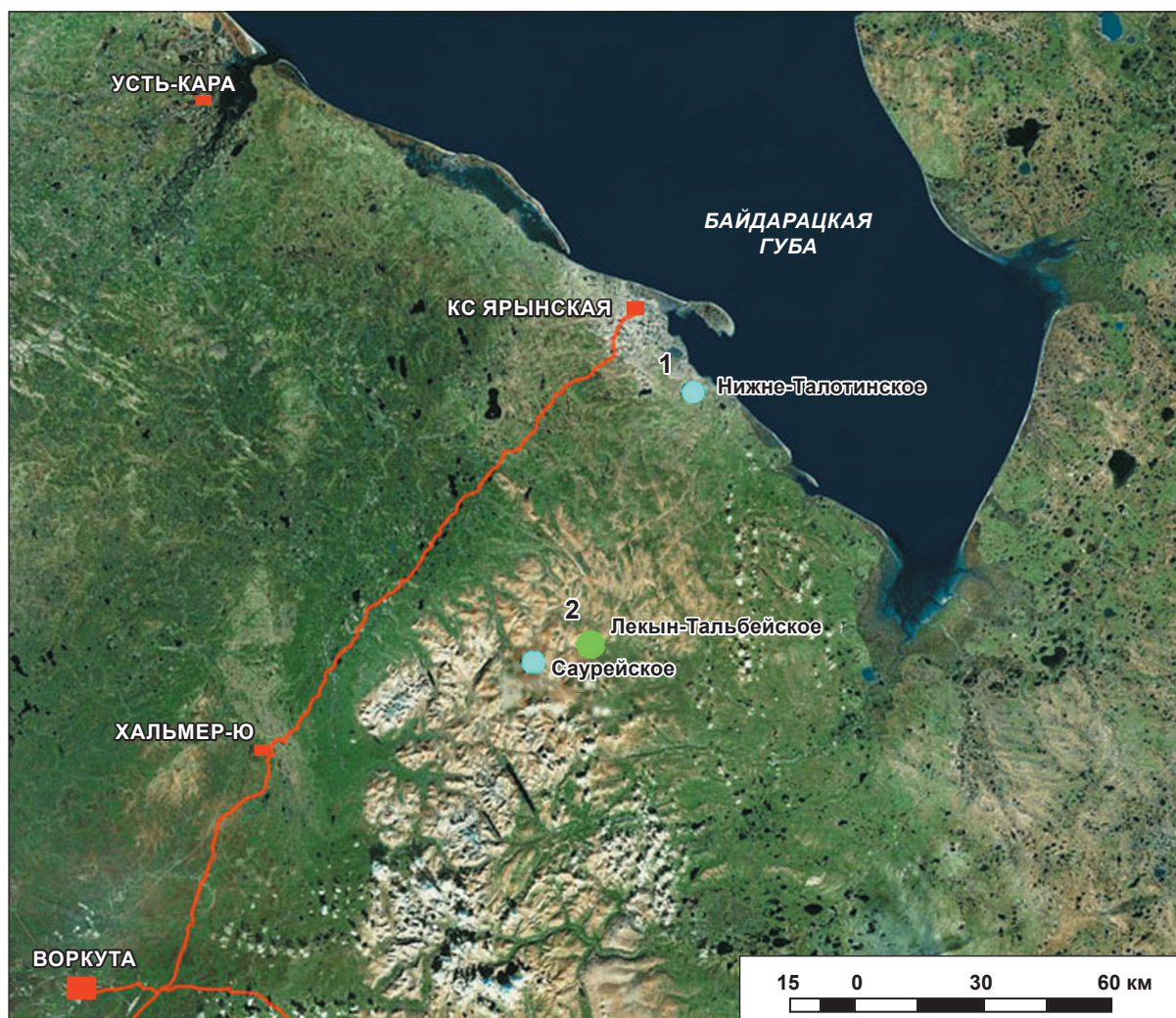


Рис. 4. Положение месторождений Саурейского рудного района относительно круглогодичной грунтовой дороги Воркута – КС Ярынская. Полиметаллические месторождения: 1 – Pb-Zn-Ba-Ag SEDEX типа, 2 – Cu-Mo-Au-порфирового типа
 Fig. 4. The position of the deposits of the Saureysky ore district relative to the year-round dirt road Vorkuta – CP (compressor plant) Yarynskaya. Polymetallic deposits: 1 – Pb-Zn-Ba-Ag SEDEX type, 2 – Cu-Mo-Au-porphyry type

нового предприятия. Район включает три месторождения: разведанное Саурейское (Pb-Zn-Ba-Ag) и оцененные Нижнеталотинское (Zn-Pb-Ba-Cu-Ag) и Лекын-Талбейское (Cu-Mo-Au) (рис. 4), а также несколько перспективных рудопроявлений (Zn-Pb-Cu-Ba-Sb-Au) с апробированными прогнозными ресурсами [23].

Амдерминский рудный район расположен на Югорском полуострове (побережье Карского моря), на территории НАО. Определенный интерес для проведения геолого-разведочных работ на Zn и Pb в районе представляют Амдерминское и Буреданское месторождения, а также Водопадное и Крестовское рудопроявления, относящиеся к флюорит-полиметаллической формации [22]. Следует отметить, что добыча флюорита на Амдерминском руднике продолжалась с перерывами с 1933 по 1996 гг. Наличие богатой Pb-Zn-минерализации в пределах перечисленных выше объектов по-

казывает возможность открытия стратиформных и жильных рудных тел, аналогичных Вайгачским месторождениям. Кроме того, на площади района могут быть открыты новые объекты. Однако прогнозные ресурсы Pb и Zn для этого рудного района не оценивались [22]. Упомянутые выше месторождения и перспективные рудопроявления находятся вблизи порта, аэропорта и поселка Амдерма и связаны с ними грунтовыми дорогами. Существуют планы строительства новой железной дороги Воркута — Амдерма, которая пройдет через территорию района. От порта Амдерма до ближайшей железнодорожной станции Воркута 350 км, до Нарьян-Мара 490 км, до Архангельска 1260 км морским путем и 1070 км по воздушной трассе.

Нижнеталотинское барит-цинковое месторождение расположено в северной части Саурейского рудного района в 7 км южнее берега Байдарцкой губы (см. рис. 4). Рудное поле оконтурено по

распространению прямых признаков минерализации (рудопроявлениям Правобережное, Центральное и Водораздельное) и массовому развитию даек и силлов габбро-диабазов. В начале 1990-х годов поисково-оценочные работы на месторождении были свернуты, поэтому запасы в ГКЗ или ТКЗ не представлялись. Имеющаяся авторская оценка запасов C_2 и прогнозных ресурсов P_1 : Zn — 328,4 тыс. т (5,6%), Pb — 86,6 тыс. т (1,63%), барит — 2,1 млн т (33,3%), а также 19 тыс. т меди (0,43%), 121 т серебра (27,5 г/т) и 2,1 т золота (0,47 г/т). Месторождение относится к небольшим по масштабу. Кроме того, были определены прогнозные ресурсы категории P_2 рудного поля до глубины 300 м: Zn — 1000 тыс. т, Pb — 300 тыс. т, Cu — 100 тыс. т и барит — 10 млн т [23]. Таким образом, с учетом прогнозных ресурсов P_2 месторождение можно отнести к средним по масштабу.

Саурейское (Pb-Zn-Ba-Ag) месторождение расположено в центральной части рудного района, приблизительно в 70 км от берега Байдарацкой губы (см. рис. 4). Запасы месторождения по категориям C_1+C_2 составляют: Pb — 357,6 тыс. т (5,86%), барит — 596,6 тыс. т (9,78%), Zn — 28,8 тыс. т (0,47%), Ag — 183,6 т (30,1 г/т), Au — 377,9 кг, Cu — 1,7 тыс. т, Cd — 278,6 т, Sb — 236,4 т. Госбалансом России учтены только запасы свинца. Прогнозные ресурсы P_1+P_2 составляют: Pb — 405 тыс. т, Zn — 33 тыс. т, Ag — 125 т, барит — 675 тыс. т [23—25]. Таким образом, с учетом прогнозных ресурсов месторождение Саурейское также можно отнести к средним по масштабу (по свинцу).

Прогнозные ресурсы **Лекын-Тальбейского рудного поля** (см. рис. 4) оценены по категории P_2 [23; 24]: руда — 85,4 млн т, Cu — 520 тыс. т (0,61%), Zn — 2135 тыс. т (2,5%), Pb — 215 тыс. т (0,26%), Au — 73 т (0,86 г/т), Ag — 2300 т (27 г/т). Таким образом, перспективы увеличения запасов на глубину в пределах рудного поля и на соседних объектах высокие. Необходимо проведение детальных геолого-разведочных работ.

Инфраструктура **Саурейского рудного района** слабо развита. Центр района (месторождение Саурейское) расположен в 135 км на северо-восток от Воркуты, в 160 км на северо-северо-запад от станции Лабитнанги (Салехард), в 80 км на северо-восток от станции Хальмер-ю и в 70 км от берега Байдарацкой губы Карского моря. В Воркуте находится мощная ТЭЦ, от которой до станции Хальмер-ю протянута линия электропередачи (ЛЭП 110, 110 км). Относительно недавно вблизи западной границы Саурейского района введен в эксплуатацию (2013 г.) магистральный газопровод Бованенково — Ухта (см. рис. 4). Согласно правилам ПАО «Газпром» параллельно с газопроводом построена грунтовая дорога круглогодичного пользования (250 км) от Воркуты до вахтового поселка КС Ярынская на побережье Байдарацкой губы. Расстояние от дороги до Нижнеталотинского месторождения 25 км. Расстояние

от дороги до Саурейского месторождения 40 км, до Лекын-Тальбейского рудного поля 60 км. Следует отметить, что газопровод и грунтовая дорога заметно улучшили транспортно-энергетическую инфраструктуру Саурейского рудного района.

Восточно-Таймырский полиметаллический пояс (ВТПП). В центральной и северо-восточной частях полуострова Таймыр (Красноярский край) по результатам геолого-разведочных работ выделены три перспективных на Pb-Zn-Ag рудных района: Таймыроозерский, Трехсестринский и Подкаменно-Кульдимский, которые можно объединить в ВТПП (см. рис. 3). Два района (Трехсестринский и Подкаменно-Кульдимский) расположены на удалении 30—50 км от берега моря Лаптевых, а Таймыроозерский район — на удалении 150—160 км от берега Таймырского залива и на столько же от Хатангской губы. В каждом из районов выявлены различные формационные типы Pb-Zn месторождений. Инфраструктура в рудных районах пояса отсутствует. До порта Диксон расстояние более 600 км, а до порта Хатанга — около 300 км.

В *Таймыроозерском районе* жильные и минерализованные зоны Pb-Zn-Ag месторождений (Партизанское, Гора Геологов, и Суровое) и нескольких рудопоявлений (Оранжевое и др.) локализованы в терригенных толщах [26; 27]. На месторождения в 1951—1961 гг. были подсчитаны ориентировочные запасы C_2 и прогнозные ресурсы (табл. 1). Однако поскольку содержание полезных компонентов в большинстве случаев были определены визуально, упомянутые выше запасы и прогнозные данные следует считать малодостоверными.

В *Подкаменно-Кульдимском рудном районе* работами Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ) было открыто несколько карбонатитовых массивов — Павловский, Надежда и Кошка, сопровождающиеся протяженными жильно-прожилковыми зонами с Pb-Zn минерализацией [28—30]. Перспективы рудопоявлений оцениваются достаточно высоко при недостаточной изученности. В частности, вызывает сомнение отнесение жильной Pb-Zn минерализации рудопоявлений к карбонатитовому типу. По минеральному составу упомянутые выше жильно-прожилковые зоны во многом аналогичны таймыроозерским. Прогнозные ресурсы (P_2) рудопоявления Кошка — 41 тыс. т Zn при среднем содержании 4,33% [15].

В *Трехсестринском районе* Pb-Zn-Ag-рудопоявление Незабудка, по-видимому, SEDEX типа, локализовано в вулканогенно-карбонатно-терригенных толщах рифея. Прогнозные ресурсы категории P_3 площади 350 км² с учетом продуктивности (Pb+Zn) в 10 000 т/км² и коэффициентом подобия 0,5 составляют: руда — 19,44 млн т, Pb при среднем содержании 7% — 1360 тыс. т, Zn (2%) — 390 тыс. т; Au (0,7 г/т) — 13,6 т, Ag (50 г/т) — 970 т, Cd (0,003%) — 600 т [28].

Таблица 1. Запасы и прогнозные ресурсы месторождений Таймыроозерского рудного района по [26]
Table 1. Reserves and forecast deposit resources in the Taimyroozersky ore district according to [26]

№ п/п	Месторождения и проявления	Запасы категории C ₂ , тыс. т		Ресурсы категории P ₁ , тыс. т; Ag, т		
		Pb	Zn	Pb	Zn	Ag
1	Партизанское	60,4	60,6	88,73	88,95	145,53
2	Гора Геологов	13	1,68	73	173	112
3	Ручья Крутой	5,67	10,47	8	10	12
	Всего	79,07	72,75	169,73	271,95	269,53

Нижнеленский рудный район расположен на территории Булунского улуса Якутии (см. рис. 3). Здесь открыто слабо изученное Pb-Zn рудопоявление Менгенилер предположительно MVT типа, аналог месторождения Сардана². Ближайший к месторождению порт Тикси (аэропорт), административный центр улуса, находится в 50 км к северу от объекта. Вмещающие породы — глинистые доломиты тюсерской свиты и в меньшей степени битуминозные известняки сэктенской свиты нижнего кембрия. В участках с обильной сульфидной вкрапленностью содержания Pb и Zn достигают 0,6% и 6,7% соответственно. В пределах района возможно открытие новых рудных залежей. Район труднодоступен и необитаем. Доставка грузов осуществляется по СМП из Архангельска в Тикси, а рабочего персонала и снаряжения — авиацией из Якутска до Тикси и далее по бухте и Лене. Передвижение по территории — гусеничным и колесным транспортом.

Экугский рудный район административно относится к Иультинскому району ЧАО. Расстояния по шоссе до Эгвекинота (порт, аэропорт, ТЭЦ 29,3 МВт) — 160 км, автодорога 2-го класса — 150 км, 43 км до ЛЭП 110 кВ. В 30 км северо-западнее находится закрытый в 90-е годы Иультинский ГОК, обрабатывавший коренные месторождения олова и вольфрама, россыпи золота и олова. В пределах района может быть сформирован Экугский горнопромышленный кластер — привлекательный объект для крупных инвестиций. Кластер включает три сближенных потенциально крупных месторождения Туманное (Au, Sb), Экугское (Sn, W) и Потерянное (Pb, Zn, Sn, Cu, Ag).

Месторождение Потерянное (потенциальные ресурсы $P_1 + P_2$ Pb+Zn > 3 000 000 т, Ag > 2000 т)³. Возможен автовывоз гравитационно-флотационного

концентрата в порт, далее — транспортировка морем и продажа странам АТР. Вызовы: арктический климат, удаленность, необходимость большого объема геолого-разведочных работ.

Майницкий рудный район выделен в АЗРФ и находится на территории Анадырского муниципального района ЧАО (см. рис. 1). Административный центр района Анадырь (столица Чукотского АО) находится в 250 км к северо-востоку. К его территории с востока прилегают золотоносные и угленосные (ТОР «Беринговский»), а с севера — нефтегазоносные территории. ТОР Беринговский — крупнейший стратегический экспортно ориентированный кластер угольной промышленности Чукотки. Ближайший поселок городского типа — Беринговский (порт, аэропорт), расположен в 120 км к востоку от участка (рис. 5). В настоящее время имеются весьма ограниченные сведения о полиметаллическом оруденении Майницкого района, предположительно VMS-типа, впервые опубликованные в [18]. Этот тип рудной минерализации зоны ассоциирует с верхним структурным комплексом Майницкого субтеррейна и наиболее полно проявлен в районе горы Угрюмая на рудопоявлении Риолитовое [18].

Вероятность открытия в пределах рудопоявления Риолитовое промышленных колчеданно-полиметаллических руд весьма высока: во-первых, здесь широко развиты породы спилит-кератофировой формации, которые по составу идентичны рудовмещающим породам уральских месторождений, во-вторых, на рудном поле обнаружены железные шляпы, образующиеся в верхних частях колчеданных залежей. Кроме того, в руслах ручьев, дренирующих рудопоявление, найдено несколько образцов типичных медно-колчеданных руд (халькопиритовых) с содержанием Cu до 12,2%. Именно по таким признакам были открыты многие уральские медно-колчеданные месторождения. Подобные Риолитовому перспективные рудопоявления прогнозируются в пределах нескольких перспективных площадей (Койвэрэланской, Малонаучирынайской, Вилуйской, Ягельной, Верхне- и Правочирынайской), выделяемых в пределах Майницкого рудного района.

² Куликов К. Б., Владимирцева Ю. А. Геолого-поисковые работы на стратиформное полиметаллическое оруденение в бассейне нижнего течения р. Лены и среднего течения р. Колымы (1975–1978 гг.) / Росгеолфонд. — М.: Аэрогеология, 1978.

³ Васильев В. Н., Переладов В. Т., Прага С. Л. Отчет о геологической съемке масштаба 1:50 000 с общими поисками и геологическим доизучением в бассейне среднего течения р. Амгуэма на листах Q-I-16-A, Б; -17-A в 1990–1994 гг. — Эгвекинот: Росгеолфонд, 1994.

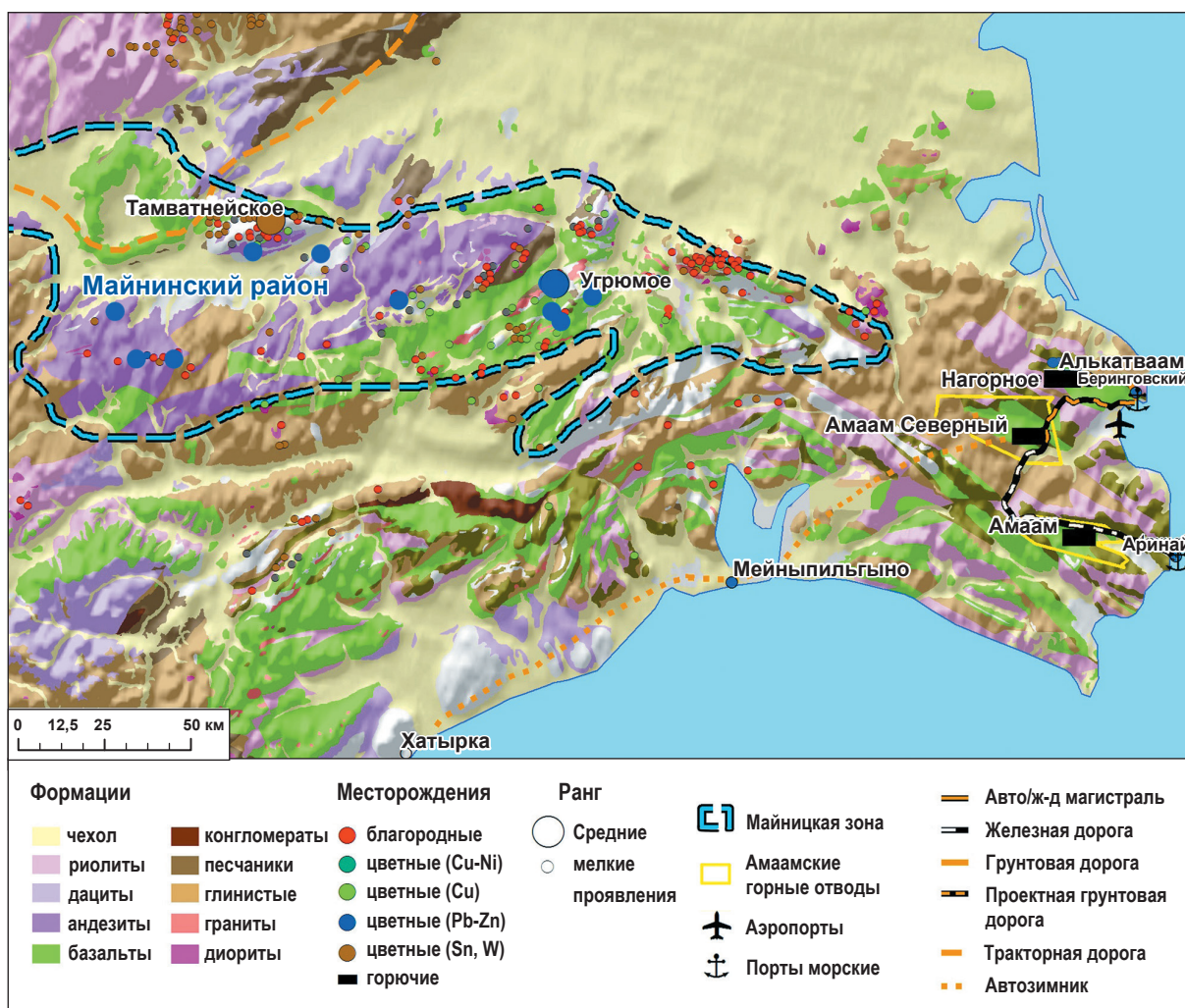


Рис. 5. Положение перспективного Майницкого рудного района относительно инфраструктуры TOP Беринговского (Чукотский АО)
 Fig. 5. The position of the promising Mainitsky ore-mining district in relation to the infrastructure of the PDT (prior development territory) Beringovsky (Chukot Autonomous Area)

Обсуждение результатов и заключение

Одна из главных особенностей мировой и российской экономики последнего десятилетия — устойчивый рост спроса на минеральное сырье. Проблема обеспеченности промышленности России минеральным сырьем с каждым годом обостряется, что связано с основными тенденциями развития минерально-сырьевого комплекса страны: истощением фонда легко открываемых месторождений; перемещением геолого-разведочных работ в удаленные районы со сложными горно-геологическими и климатическими условиями и слабо развитой инфраструктурой; переходом на массовые отработки крупнотоннажных месторождений с низким содержанием металла; усилением внимания к новым нетрадиционным типам месторождений; неустойчивостью импорта дефицитного в России минерального сырья из стран-производителей вследствие политической нестабильности в мире.

В последние годы Всемирный банк и Организация экономического сотрудничества и развития, объ-

единяющая 36 развитых западных стран, озабочены несколькими вопросами: что делать с парниковым эффектом и потеплением климата и что будет, когда нефть закончится⁴. В своих прогнозах, отвечая на эти вопросы, они рассматривают один безальтернативный вариант — переход на «зеленые технологии». Однако этот переход, судя по тем же прогнозам, потребуют значительного увеличения добычи невозобновляемых видов минеральных ресурсов (в том числе нефти, газа, твердых полезных ископаемых) и особенно критических металлов и минералов. Следовательно, можно предположить, что грядет бум геолого-разведочных работ в слабоизученных районах Арктики, направленный на открытие новых месторождений критических видов минерального

⁴ The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. — Washington: The World Bank, 2017; Coulomb R., Dietz S., Godunova M., Nielsen Th. B. Critical minerals today and in 2030: an analysis of OECD countries // OECD Environment working papers. — Available at: www.oecd.org/environment/workingpapers.htm.

сырья, а Pb-Zn месторождения АЗРФ — потенциально один из важнейших источников стратегических металлов [4]. Поэтому в рассматриваемых в статье рудных районах также можно ожидать увеличения объемов геолого-разведочных работ.

В этих районах кроме объектов SEDEX-типа выделены многочисленные Pb-Zn проявления в карбонатных формациях, относящиеся к MVT-типу, в том числе и с флюорит-полиметаллической минерализацией. Установлены перспективные площади на открытие колчеданно-полиметаллических месторождений в вулканогенных формациях VMS-типа, а также Pb-Zn-Ag месторождений гидротермального и, возможно, карбонатитового типов.

Необходимо также обратить внимание на то, что в России практически нет потребителей свинцовых концентратов. Все произведенные из российских Pb-Zn месторождений свинцовые концентраты, да и большая часть цинковых, включающих и критические металлы, экспортируются. Следовательно, продукция ГОКов в АЗРФ на базе Pb-Zn месторождений с высокой степенью вероятности внутри страны востребована не будет.

Таким образом, перспективы освоения арктических Pb-Zn месторождений кроме масштаба и богатства по аналогии с крупнейшими зарубежными месторождениями (например, рудником Ред Дог) во многом будут определяться близостью к Северному морскому пути и судоходным рекам, что значительно повышает рентабельность работы рудников за счет использования морского транспорта для экспорта концентратов и последующей их продажи на мировом рынке. Отметим, что большая часть добываемых в настоящее время в АЗРФ минерально-сырьевых ресурсов (нефть, газ, каменный уголь, Ni, Cu, Pd, Pt, Au, Ag, Co, Te, Se) также экспортируется.

По экономической доступности МСБ к СМП целесообразно выделить две подзоны — 100 км первоочередного развития МСБ и 200 км с МСБ второй очереди. В этих зонах экономически целесообразно строительство очаговой инфраструктуры, включающей морской причал, энергетическую установку, обогатительную фабрику, вахтовый поселок и автодорогу для транспортировки руды осваиваемого месторождения.

Все рассмотренные в статье рудные районы находятся в 200-километровой зоне экономической доступности к СМП, а большинство из них расположены в 100-километровой зоне первоочередного развития МСБ — на архипелагах и отдельных островах и на берегах судоходных рек, впадающих в океан.

В пределах трех рудных районов возможно будет сформировать новые горнопромышленные кластеры, включающие несколько близко расположенных месторождений стратегических металлов. К таким районам можно отнести Саурейский (Нижнеталтинское, Саурейское и Лекын-Талбейское месторождения), Экугский (Туманное, Экугское и Потерянное

месторождения), Майницкий (группа Cu-Zn месторождений, Тамватнейское W-Hg месторождение).

Рассмотренные материалы позволяют в качестве первоочередного мероприятия предложить доразведку и последующее освоение месторождений и рудопроявлений Саурейского рудного района. Pb-Zn месторождения этого района могут рассматриваться как резервная МСБ для Павловского ГОКа. Также интересны для доразведки объекты Экугского кластера, включающего потенциально крупное Потерянное Pb-Zn-Ag месторождение.

Потенциально перспективны в плане прироста запасов и прогнозных ресурсов не только Pb, Zn и Ag, но и попутных критических металлов рудные районы Таймыра, что обуславливает необходимость их исследований. Дальнейшее развитие Беринговского ТОРа возможно в результате проведения геолого-разведочных работ поисковой стадии и открытия на площади Майницкого рудного района богатых колчеданно-полиметаллических месторождений.

Вызовы в освоении Pb-Zn месторождений рассмотренных рудных районов таковы: удаленность, слаборазвитая инфраструктура, арктический климат, необходимость большого объема геолого-разведочных работ.

Финансирование

Работа выполнена в рамках темы госзадания ИГЕМ РАН.

Литература/References

1. 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.
Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V. The SEDEX-MVT prospecting model of deposits in the Arctic zone. Arctic: Ecology and Economy, 2016, no. 1 (21), pp. 47—55. (In Russian).
2. Галямов А. Л., Волков А. В., Лобанов К. В. Геофизическая модель земной коры, геодинамические обстановки и перспективы открытия Pb-Zn месторождений в российской Арктике // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 3 (39). — С. 87—98. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-87-98.
Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V. Geophysical model of the Earth's crust, geodynamic conditions and prospects for the discovery of Pb-Zn deposits in the Russian Arctic. Arctic: Ecology and Economy, 2020, vol. 39, no. 3 (39), pp. 87—98. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-87-98. (In Russian).
3. Галямов А. Л., Волков А. В., Лобанов К. В., Мурашов К. Ю. Глубинное строение литосферы и размещение полиметаллических месторождений в складчатом обрамлении сибирской и восточно-европейской платформ в свете современной геофизической модели земной коры // Исследование Земли из космоса. — 2023. — № 1. — С. 3—23. — DOI: 10.31857/S0205961423010049.

- Galyamov A. L., Volkov A. V., Lobanov K. V. Structure of the Earth's Crust Based on the Gravity Data of the GOCE Satellite Mission and Spatial Position of Polymetallic Deposits in the Frame of the Siberian and East European Platforms. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2023, vol. 59, no. 9, pp. 1028—1044. DOI: 10.1134/S0001433823090074.
4. Henning S., Birkenfeld S., Graupner T., Franke H., Nawothnig B., Pursche K. The new critical metals data base "HTMET": High tech trace element characteristics of sulphides from base metal provinces in the Variscan basement and adjacent sedimentary rocks in Germany. *Z. Dt. Ges. Geowiss.*, 2019, vol. 170, pp. 161—180. DOI: 10.1127/zdgg/2019/0202.
5. Дергачев А. Л., Еремин Н. И. Соотношение вулканогенного колчеданного и стратиформного свинцово-цинкового оруденения в истории Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. — 2008. — № 4. — С. 26—34. Dergachev A. L., Eremin N. I. Correlation of volcanogenic pyrite and stratiform lead-zinc mineralization in the history of the Earth. *Moscow Univ. Bull. Ser. 4. Geology*, 2008, no. 4, pp. 26—34. (In Russian).
6. Webb M. Arctic project remains robust despite capital and operating cost jump. Available at: <https://www.miningweekly.com/article/arctic-project-remains-robust-despite-capital-and-operating-cost-jump-2023-02-14>.
7. Василевецкий А. Свинец от запрета экспорта до его поддержки: С чем связаны скачки на рынке на этот металл? — URL: https://www.prometall.info/analitika/svinets_ot_zapreta_eksporta_do_ego_podderzhki. Vasilivetsky A. Lead from the export ban to its support. What is the reason for the jumps in the market for this metal? Available at: https://www.prometall.info/analitika/svinets_ot_zapreta_eksporta_do_ego_podderzhki. (In Russian).
8. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году». — М.: ВИМС, 2022. — 622 с. State report "On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2021". Moscow, VIMS, 2022, 622 p. (In Russian).
9. Copper, Nickel, Lead, and Zinc Global Market Report 2023. Available at: https://www.repor.tlinker.com/p06282208/?utm_source=GNW.
10. Global zinc, lead demand to exceed supply in 2023 — ILZSG. Available at: <https://www.mining.com/web/global-zinc-lead-demand-to-exceed-supply-in-2023-ilzsg>.
11. Цветные металлы. Аналитика // Моск. энерг. Центр. — Апрель 2023 г. — URL: <https://www.b1.ru/local/assets/gmk-digest/non-ferrous-metals-market-update-april-2023.pdf>. Non-ferrous metals. Analytics. Moscow Energy Center, April 2023. Available at: <https://www.b1.ru/local/assets/gmk-digest/non-ferrous-metals-market-update-april-2023.pdf> (In Russian).
12. Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. — 280 с.
13. Пучков В. Н. Геология Урала и Урала (топические вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа, Дизайнполиграфсервис, 2010, 280 p. (In Russian).
14. Дистанов Э. Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. — Новосибирск: Наука, 1977. — 351 с.
15. Дистанов Э. Г. Pyrite-polymetallic deposits of Siberia. Novosibirsk, Nauka, 1977, 351 p. (In Russian).
16. Егоров А. С. Особенности глубинного строения и вещественного состава геоструктур земной коры континентальной части территории России // Зап. Гор. ин-та. — 2015. — Т. 21. — С. 13—30. Egorov A. S. Features of the deep structure and material composition of the geostructures of the Earth's crust of the continental part of the territory of Russia. *Zap. Gorn. Inst.*, 2015, vol. 21, pp. 13—30. (In Russian).
17. Проскурнин В. Ф., Гавриш А. В., Межубовский В. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Таймырско-Североземельская. Лист S-49 — Хатангский залив. Объяснительная записка. — СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2013. — 275 с. Proskurnin V. F., Gavrish A. V., Mezhubovsky V. V. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). The Taymyrsko-Severozemelskaya series. List S-49 — Khatanga Bay. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2013, 275 p. (In Russian).
18. Парфенов Л. М. Континентальные окраины и островные дуги мезозойского северо-востока Азии. — Новосибирск: Наука, 1984. — 192 с. Parfenov L. M. Continental margins and island arcs of the Mesozoic of Northeast Asia. Novosibirsk, Nauka, 1984, 192 p. (In Russian).
19. Волков А. В., Галямов А. Л., Белоусов П. Е., Вольфсон А. А. Применение космических технологий в металлогеническом анализе территории Арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 2 (38). — С. 77—85. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-2-77-85. Volkov A. V., Galyamov A. L., Belousov P. E., Wolfson A. A. Application of space technologies in metallogenetic analysis of the territory of the Arctic zone of Russia. *Arctic: Ecology and Economy*, 2020, no. 2 (38), pp. 77—85. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-2-77-85 (In Russian).
20. Шпикерман В. И. Домеловая минералогия северо-востока Азии. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. — 334 с. Shpikerman V. I. Domelovaya mineralogy of Northeast Asia. Magadan, SVKNII FEB RAS, 1998, 334 p. (In Russian).
21. Лобко В. Росатом: Архангельский транспортный узел крайне важен для освоения Павловского Pb-Zn-месторождения. — URL: <https://rg.ru/2023/10/04/rosatom-arhangel'skij-transportnyj-uzel-krajne>

vazhen-dlia-osvoeniia-pavlovskogo-svincovo-cinkovogo-mestorozhdeniia.html.

Lobko V. Rosatom: The Arkhangelsk transport hub is extremely important for the development of the Pavlovsky Pb-Zn field. Available at: <https://rg.ru/2023/10/04/rosatom-arhangelskij-transportnyj-uzel-krajne-vazhen-dlia-osvoeniia-pavlovskogo-svincovo-cinkovo-go-mestorozhdeniia.html>. (In Russian).

20. Журавлёв В. А., Кораго Е. А., Костин Д. А., Зуйкова О. Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-39,40 — о. Колгуев — прол. Карские Ворота. Объяснительная записка. — СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2014. — 405 с. Zhuravlev V. A., Korago E. A., Kostin D. A., Zuykova O. N. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). The North Kara-Barents Sea series. Sheet R-39.40 — o. Kolguev — prol. The Kara Gate. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2014, 405 p. (In Russian).

21. Коровкин В. А., Турылева Л. В., Руденко Д. Г. и др. Недра Северо-Запада Российской Федерации. — СПб.: Изд-во СПб картф-ки ВСЕГЕИ, 2003. — 520 с. Korovkin V. A., Turyleva L. V., Rudenko D. G., Zhuravlev V. A., Klyuchnikova G. N. The Bowels of the North-West Of the Russian Federation. St. Petersburg, Publishing house of St. Petersburg kartfabriki VSEGEI, 2003, 520 p. (In Russian).

22. Шишкин М. А., Шкарубо С. И., Молчанова Е. В., Маркина Н. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Южно-Карская. Лист R-41 — Амдерма. Объяснительная записка. — СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2012. — 383 с.

Shishkin M. A., Shkarubo S. I., Molchanova E. V., Markina N. V. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1000000 (third generation). The Yuzhno-Karskaya series. Sheet R-41 — Amderma. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2012, 383 p. (In Russian).

23. Шишкин М. А., Файбусович Я. Э., Шкарубо С. И., Назаров Д. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Западно-Сибирская. Лист R-42 — п-ов Ямал. Объяснительная записка. — СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2015. — 366 с. Shishkin M. A., Faibusovich Ya. E., Shkarubo S. I., Nazarov D. V. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). The West Siberian series. Sheet R-42 — Yamal peninsula. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2015, 366 p. (In Russian).

24. Зархидзе Д. В., Малых О. Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Изд. второе. Сер. Полярно-Уральская. Листы R-41-XXXV, XXXVI (хр. Оченырды). Объяснительная записка. — М.: Моск. филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2017. — 224 с.

Zarkhidze D. V., Malykh O. N. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200 000. The second edition. The Polar-Ural series. Sheets R-41-XXXV, XXXVI (Very Old). Explanatory note. Moscow, Moscow branch of FSBI VSEGEI, 2017, 224 p. (In Russian).

25. Худяков А. П., Маливанчук Б. В. Саурейское свинцовое месторождение (Полярный Урал) // Тр. ЗапСибНИГНИ. — 1972. — Вып. 52. — С. 211—224. Khudyakov A. P., Malivanchuk B. V. Saureyskoye lead deposit (Polar Urals). Tr. ZapSibNIGNI, 1972, iss. 52, pp. 211—224. (In Russian).

26. Проскурнин В. Ф., Гавриш А. В., Шнейдер Г. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Таймырско-Североземельская. Лист S_48 — оз. Таймыр (восточная часть). Объяснительная записка. — СПб.: Картф-ка ВСЕГЕИ, 2009. — 253 с. Proskurnin V. F., Gavrish A. V., Schneider G. V. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). The Taimyrsko-Severozemelskaya series. Sheet S_48 — oz. Taimyr (eastern part). An explanatory note. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI, 2009, 253 p. (In Russian).

27. Проскурнин В. Ф., Гавриш А. В., Шнейдер Г. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Таймырско-Североземельская. Лист S-47 — оз. Таймыр (зап. часть). Объяснительная записка. — СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2015. — 424 с. Proskurnin V. F., Gavrish A. V., Schneider G. V. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). The Taimyrsko-Severozemelskaya series. Sheet S-47 — oz. Taimyr (zap. part). An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2015, 424 p. (In Russian).

28. Качурина Н. В., Макарьев А. А., Макарьева Е. М. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская и Таймырско-Североземельская. Лист T-45—48 м. Челюскин. Объяснительная записка. — СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2013. — 568 с. Kachurina N. V., Makariev A. A., Makarieva E. M. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). The Severo-Karsko-Barents Sea and Taimyrsko-Severozemelskaya series. Sheet T-45—48 m. Chelyuskin. An explanatory note. St. Petersburg, VSEGEI Cartographic Factory, 2013, 568 p. (In Russian).

29. Проскурнин В. Ф., Шнейдер А. Г., Багаева А. А. Опыт применения разномасштабных геохимических работ для выделения перспективных участков на золотое, медное и полиметаллическое оруденение (полуостров Таймыр). — Красноярск, 2018. — URL: [https://mingeoforum.ru/im-ages/files/2018/doklad/%D0%A8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80_%D0%9C%D0%98%D0%9D%D0%93%D0%95%D0%9E%202018%20\(%D0%A4%D0%93%D0%91%D0%A3%D0%92%D0%A1%D0%95%D0%93%D0%95%D0%98.pdf?ysclid=lr4d4yztg230863210](https://mingeoforum.ru/im-ages/files/2018/doklad/%D0%A8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80_%D0%9C%D0%98%D0%9D%D0%93%D0%95%D0%9E%202018%20(%D0%A4%D0%93%D0%91%D0%A3%D0%92%D0%A1%D0%95%D0%93%D0%95%D0%98.pdf?ysclid=lr4d4yztg230863210).

- Proskurnin V. F., Schneider A. G., Bagaeva A. A. The experience of using multi-scale geochemical work to identify promising sites for gold, copper and polymetallic mineralization (Taimyr Peninsula). Krasnoyarsk, 2018. Available at: [https://mingeoforum.ru/images/files/2018/doklad/%D0%A8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80_%D0%9C%D0%98%D0%9D%D0%93%D0%95%D0%9E%202018%20\(%D0%A4%D0%93%D0%91%D0%A3%20%D0%92%D0%A1%D0%95%D0%93%D0%95%D0%98.pdf?ysclid=lr4d4yztpg230863210](https://mingeoforum.ru/images/files/2018/doklad/%D0%A8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80_%D0%9C%D0%98%D0%9D%D0%93%D0%95%D0%9E%202018%20(%D0%A4%D0%93%D0%91%D0%A3%20%D0%92%D0%A1%D0%95%D0%93%D0%95%D0%98.pdf?ysclid=lr4d4yztpg230863210). (In Russian).
30. Силаев В. И., Проскурнин В. Ф., Гавриш А. В. Карбонатитовый комплекс необычных горных пород и минерализации в восточном Таймыре // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского. — 2016. — № 19. — С. 119—136.
- Silaev V. I., Proskurnin V. F., Gavrish A. V. Carbonatite complex of unusual rocks and mineralization in eastern Taimyr. Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P. N. Chirvinsky, 2016, no. 19, pp. 119—136. (In Russian).
31. 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.
- Volkov A. V., Galyamov A. L., Sidorov A. A. Prospects for the development of gold mining in the Chukotka Autonomous District. Arctic: Ecology and Economy, 2017, no. 4 (28), pp. 83—97. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-83-97. (In Russian).
32. 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.
- Volkov A. V., Galyamov A. L. Prospects for the development of major tin ore deposits in Chukotka. Arctic: Ecology and Economy, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 224—234. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-224-234. (In Russian).

Информация об авторах

Волков Александр Владимирович, член-корреспондент РАН, 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.

PROMISING LEAD AND ZINC ORE DISTRICTS IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

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 12, 2024

For citing

Volkov A. V., Galyamov A. L. Promising lead and zinc ore districts in the Arctic zone of Russia. Arctic: Ecology and Economy, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 56—69. DOI: 10.25283/2223-4594-2024-1-56-69. (In Russian).

Abstract

Based on the research carried out on the territory of the Arctic zone of Russia the authors have identified ore districts that are promising for the discovery and development of Pb-Zn deposits, among which only one large Pavlovskoe deposit (Novaya Zemlya Archipelago) is at the development stage. More than 20 facilities are dispersed in the Murmansk and Arkhangelsk regions, the Yamalo-Nenets Autonomous Area, Taimyr, the Republic of Sakha (Yakutia) and the Chukotka Autonomous Area. They outline that most of the ore districts are located in the 100-km zone of economic accessibility (high priority of mineral resources development) to the Northern Sea Route. Within the three-ore districts, it is possible to form new mining clusters, including several nearby deposits. The authors indicate prospects for the discovery of new deposits as well as challenges in the development of the mineral resource base of the considered ore regions: lack of infrastructure, arctic climate, remoteness, and the need for a large volume of geological exploration.

Keywords: Arctic zone of the Russian Federation, ore district, deposit, lead, zinc, mining cluster.

Funding

The work was carried out within the framework of the State Assignment of the IGEM RAS.

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 the Russian Academy of Sciences (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 the Russian Academy of Sciences (35, Staromonetny Lane, Moscow, Russia, 119017), e-mail: a-galyamov@yandex.ru.

© Volkov A. V., Galyamov A. L., 2024