

Арктика и Север. 2022. № 48. С. 5–28.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT

Научная статья

УДК 553.44(985)(045)

doi: 10.37482/issn2221-2698.2022.48.5

Горно-геологическая и экономическая характеристика месторождений свинцово-цинковых руд в российской Арктике *

Белов Сергей Валентинович¹, аспирант

Скрипниченко Владимир Александрович², доктор экономических наук, кандидат геолого-минералогических наук, профессор

Ушакова Валерия Александровна³, аспирант

¹ Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской Академии наук» (ИЭП КНЦ РАН), ул. Ферсмана, 24А, Апатиты, 184200, Россия

^{2,3} Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, набережная Северной Двины, 17, Архангельск, 163002, Россия

¹ belov.sergeiy@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9118-4439>

² v.skrpichenko@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4108-842X>

³ lera_u1998@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-4475>

Аннотация. В статье проанализированы возможности поиска, оценки, разведки и добычи месторождений цинка и свинца в Арктике. На территории российской Арктики подсчитаны запасы и ресурсы месторождений и рудопроявлений руд цинка и свинца на архипелаге Новая Земля, на острове Вайгач, на территории Полярного Урала и Северного Тимана. Преобладающие запасы представлены Павловским месторождением, которое готовится к разработке предприятием АО «Первая горнорудная компания» госкорпорации «Росатом». В 2019 г. начато проектирование горнодобывающего предприятия; добыча свинца и цинка в пределах Арктической зоны не проводилась. Перспективным объектом является месторождение Саурейское на Полярном Урале. Проблема состоит в удалённости объекта от транспортных магистралей. Необходимо запланировать строительство грунтовой дороги от месторождения до железной дороги. Далее грузы могут быть направлены в порты Обской губы или в порт Индига, когда он будет введён в строй. Месторождения свинца и цинка на острове Вайгач и на арктическом берегу около Амдермы ранее разрабатывались. Необходимо провести переоценку их запасов и определить возможные варианты разработки. Транспортировка добытой руды будет осуществляться через порт Амдерма. На Северном Тимане переоценку запасов руд цветных металлов следует провести в комплексе (свинец, цинк, молибден, медь, никель). Добыча руд может быть целесообразна в связи со строительством глубоководного морского порта Индига. Цель данной статьи состоит в исследовании горно-геологической и экономической характеристики месторождений свинцово-цинковых руд и пространственной организации морских коммуникаций для целей освоения минерально-сырьевого комплекса Арктической зоны России. Объекты, связанные с добычей по-

* © Белов С.В., Скрипниченко В.А., Ушакова В.А., 2022

Для цитирования: Белов С.В., Скрипниченко В.А., Ушакова В.А. Горно-геологическая и экономическая характеристика месторождений свинцово-цинковых руд в российской Арктике // Арктика и Север. 2022. № 48. С. 5–28. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.48.5

For citation: Belov S.V., Skripnichenko V.A., Ushakova V.A. Mining-Geological and Economic Characteristics of Lead-Zinc Ore Deposits in the Russian Arctic. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2022, no. 48, pp. 5–28. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.48.5

лезных ископаемых в Арктике, имеют важное стратегическое значение для укрепления национальной безопасности страны в целом.

Ключевые слова: горное дело, геология, экономика, месторождение, свинец, цинк, руда, Павловское, Саурейское, Амдерминское, Новая Земля, Вайгач, Северный Тиман, Арктика

Благодарности и финансирование

Авторы выражают искреннюю благодарность исполнительному директору АО «Первая горнорудная компания» Семенову Игорю Юрьевичу за предоставленные материалы с результатами геологоразведочных работ на месторождении Павловское, за помощь в создании «Лаборатории горнорудного производства и карьеров» с обучением в горно-геологической информационной системе Micromine в Северном (Арктическом) федеральном университете.

Mining-Geological and Economic Characteristics of Lead-Zinc Ore Deposits in the Russian Arctic

Sergey V. Belov^{1✉}, Postgraduate Student

Vladimir A. Skripnichenko², Dr. Sci. (Econ.), Cand. Sci. (Geol. and Mineral.), Professor

Valeriya A. Ushakova², Postgraduate Student

¹ Luzin Institute for Economic Studies, Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences", ul. Fersmana, 24a, Apatity, 184209, Russia

² Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

¹ belov.sergeiy@gmail.com ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9118-4439>

² v.skripnichenko@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4108-842X>

³ lera_u1998@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-4475>

Abstract. The article analyzes the possibilities for prospecting, evaluation, exploration and extraction of zinc and lead deposits in the Arctic. The reserves and resources of zinc and lead deposits and ore occurrences on the Novaya Zemlya archipelago, on Vaygach Island, in the Polar Urals and in the Northern Timan are calculated on the territory of the Russian Arctic. The predominant reserves are represented by the Pavlovskoye deposit, which is being prepared for development by JSC First Mining Company of the Rosatom State Corporation. In 2019, the design of a mining enterprise was initiated, no lead and zinc mining has been carried out within the Arctic zone. A promising object is the Saureyskoye deposit in the Polar Urals. The problem is the remoteness of the site from transport highways. It is necessary to plan the construction of a dirt road from the deposit to the railway. Cargo can then be sent to the ports of the Gulf of Ob or to the port of Indiga when it is put into operation. Lead and zinc deposits on the island of Vaygach and on the Arctic coast near Amderma were previously developed. It is necessary to reassess their reserves and to determine possible development options. The extracted ore will be transported through the port of Amderma. In the Northern Timan, reassessment of non-ferrous metal ores should be carried out in a complex (lead, zinc, molybdenum, copper, nickel). Ore mining may be appropriate in connection with the construction of the deep-water seaport of Indiga. The purpose of this article is to study the mining, geological and economic characteristics of lead-zinc ore deposits and the spatial organization of marine communications for the development of the mineral resource complex of the Arctic zone of Russia. Mining facilities in the Arctic have an important strategic importance for strengthening national security of the country.

Keywords: mining, geology, economics, deposit, lead, zinc, ore, Pavlovskoye, Samurayskoye, Amderminskoye, Novaya Zemlya, Vaygach, Northern Timan, Arctic

Введение

Минерально-сырьевые центры являются определяющими в экономике арктических территорий всех государств земного шара в отношении добычи твёрдых полезных ископаемых. Арктические территории России с их месторождениями стратегических металлов являются крупнейшими поставщиками металлов внутри страны и на экспорт.

Месторождения твёрдых полезных ископаемых арктических территорий земного шара представляют интерес для промышленности всех стран, имеющих отношение к Арктике [1, Бортников Н.С., Лобанов К.В., Волков А.В., Галямов А.Л., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю., Викентьев И.В., Тарасов Н.Н., Дистлер В.В., Аристов В.В., Чижова И.А.], [2, Додин Д.А., Иванов В.Л.], [3, Додин Д.А., Евдокимов А.Н., Каминский В.Д.], [4, Goldfarb R.J., Ayuso R., Miller M.L.].

В статье проанализированы возможности поиска, оценки, разведки и добычи месторождений цинка и свинца в российской Арктике.

На арктических территориях земного шара общий размер добычи цинка составляет 4,64% от мирового производства, доля арктических цинковых руд в мировых запасах составляет 3,8% [1, Бортников Н.С., Лобанов К.В., Волков А.В., Галямов А.Л., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю., Викентьев И.В., Тарасов Н.Н., Дистлер В.В., Аристов В.В., Чижова И.А.].

В соответствии с информацией, подготовленной при составлении справки о запасах твёрдых полезных ископаемых арктических территорий России по состоянию на 2021 г., запасы свинца и цинка распределены следующим образом, указанном в Справке ВСЕГЕИ¹.

Павловское месторождение относится к крупным по запасам цинка, оно готовится к разработке предприятием АО «Первая горнорудная компания» госкорпорации «Росатом». Суммарные запасы цинка категории В+С1 определены в 1 325,3 тыс. т., категории С2 составляют 1162,6, забалансовые запасы учтены 531,1 тыс. т. В 2019 г. начато проектирование горнодобывающего предприятия, добыча свинца и цинка в пределах Арктической зоны России не проводилась.

Саурейское месторождение свинца и цинка находится на Полярном Урале в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа. Запасы месторождения учтены в размерах: более 320 тыс. т свинца, 21 тыс. т цинка, 300 т серебра, 550 тыс. т барита [5, Контарь Е.С.]. Разработка месторождения пока не проводится.

Амдерминское свинцово-цинково-флюоритовое месторождение находится на берегу Карского моря на Северном Пай-Хое у посёлка Амдерма в пределах Ненецкого автономного округа. С 1932 по 1951 гг. на месторождении добывали флюорит; в настоящее время оно находится на консервации. Руды месторождения представлены флюоритом, сфалеритом, галенитом и пиритом. Содержание цинка в рудах колеблется от 0,33 до 1,11%, содержание

¹ Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Арктической зоны РФ на 15.03.2021 г. Справка подготовлена ФГБУ «ВСЕГЕИ» в рамках выполнения Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 г. № 049-00016-21-00 <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/45bb8bcc7b844220954744c0149a86f4.pdf> (дата обращения: 14.03.2022).

свинца — 0,2%. На глубине 100 м концентрация свинца и цинка в руде в сумме возрастает до 1,5%. Свинцово-цинковые ресурсы не определены [5, Контарь Е.С.].

Свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления известны на острове Вайгач. На месторождениях Красное и Раздельное с 1931 по 1934 гг. проводилась добыча руды. Обнаружены рудопроявления свинца и цинка на Северном Тимане [6, Виттенбург П.В.]. На участках с перечисленными рудопроявлениями требуется проведение дополнительной разведки силами геологоразведочных партий. Указанные рудопроявления будут иметь интерес для промышленности в случае строительства железнодорожных и автомобильных магистралей в проектируемым и реконструируемым портах Индига, Амдерма и Усть-Кара в Ненецком автономном округе.

Постановка проблемы

Информационная база основана на использовании опыта поиска, оценки и разведки месторождений свинцово-цинковых руд в Арктике. Использован опыт разработки месторождений на Аляске (США) [4, Goldfarb R.J., Ayuso R., Miller M.L.].

Методологической и теоретической основой явились проекты разработки месторождений руд твёрдых полезных ископаемых открытым способом на территории Арктики. Разработка месторождений руд свинца и цинка на арктических территориях является новым направлением для российских добывающих отраслей. Не начата транспортировка грузов и добытой руды с Павловского месторождения на Новой Земле, Саурейского и Амдерминского месторождений на Полярном Урале. Одной из проблем является обеспечение региональной безопасности России в условиях борьбы за контроль над минеральными ресурсами Арктики.

При недостатке значительных исследований применительно к анализируемому региону делает актуальным исследование наиболее рациональных подходов к пространственной организации морских коммуникаций для целей освоения минерально-сырьевого комплекса Арктической зоны России.

Методология

Цель данной работы состоит в исследовании горно-геологической и экономической характеристики месторождений свинцово-цинковых руд и пространственной организации морских коммуникаций для целей освоения минерально-сырьевого комплекса Арктической зоны России.

Задачи, которые были решены для достижения поставленной цели:

- изучить процесс проектирования месторождения на примере месторождения «Павловское» на архипелаге Новая Земля;

- рассмотреть геолого-промышленную характеристику месторождения, на основании которой выполнить расчёт технологических параметров разработки месторождения;
- провести расчёт карьерного транспорта с параметрами транспортирования и количеством применяемой техники, а также её производительность;
- описать водоотлив, энергоснабжение, водоснабжение всего предприятия, в том числе и карьера;
- рассмотреть охрану окружающей среды и провести расчёты по выбросам в атмосферу вредных веществ от буровзрывных работ и от работы оборудования;
- описать промышленную безопасность и охрану труда;
- провести экономические расчёты по затратам на начало эксплуатации карьера и показать примерную калькуляцию расходов по годам;
- показать перспективы разработки Саурейского и Амдерминского свинцово-цинковых месторождений на Полярном Урале;
- показать пространственную организацию морских коммуникаций для целей освоения свинцово-цинковых месторождений в Арктике.

Обсуждение

Опыт изучения свинцово-цинковых месторождений в Арктике приведён в публикациях многих специалистов геологов, горных инженеров и экономистов [2, Додин Д.А., Иванов В.Л.], [3, Додин Д.А., Евдокимов А.Н., Каминский В.Д.], [4, Goldfarb R.J., Ayuso R., Miller M.L. et al.], [7, Евдокимов А. Н., Каленич А. П., Крюков В. Д., Ласточкин А. В., Семенов Ю. П.], [8, Лаженцев В. Н.], [9, Карпузов А.Ф., Рундквист Д.В., Черкасов С.В.], [10, Вартанян С.С., Кривцов А.И., Мигачев И.Ф.], [11, Говердовская Т.Г., Додин Д.А., Евдокимов А.Н.] [13, Михайлов Б.К., Петров О.В., Кимельман С.А.], [14, Михайлов Б.К., Воробьев Ю.Ю., Кимельман С.А.], [15, Гусев Г.С., Головин А.А., Гущин А.В.], [16, Карпузов А.Ф., Лебедев А.В., Житников В.А., Коровкин В.А.], [17, Плякин А.М.], [18, Додин Д.А., Иванов В.Л., Каминский В.Д.], [19, Кочнев-Первухов В.И., Мигачев И.Ф., Звездов В.С.], [20, Бадтиев Б.П., Бибик С.Д.], [21, Орлов В.П.], [22, Верчеба А.А.], [23, Липина С.А., Череповицын А.Е., Бочарова Л.К.], [24, Череповицын А.Е., Липина С.А., Евсеева О.О.], [25, Кондратьев В.Б.], [26, Кузнецов С.К., Тимонина Н.Н., Кузнецов Д.С.], [27, Tolvanen A., Eilu P., Juutinen A., Kangas K., Kivinen M., Markovaara-Koivisto M., Naskali A., Salokannel V., Tuulentie S., Similä J.].

Экономическое освоение минерально-сырьевого комплекса арктических территорий основывается на пространственной организации морских коммуникаций, связанных с транспортировкой руд с горно-обогатительных комбинатов к потребителям. Реализация целей освоения минерально-сырьевых ресурсов предполагает формирование в арктическом регионе кластеров конкурентоспособности в сфере пространственной организации морских коммуникаций, что позволит мобилизовать ресурс сетевой организации арктического пространства, который становится базой конкуренции на мировом уровне. Региональные мор-

ские коммуникации в Западной Арктике могут быть основой национальной безопасности страны, они должны функционировать в форме кластеров и гарантировать свободный доступ добытых руд на рынки сбыта. Морехозяйственные системы должны быть конкурентоспособными и иметь достаточные ресурсы для обновления флота при освоении арктических территорий для целей освоения минерально-сырьевого комплекса.

Горно-геологическая характеристика Павловского серебросодержащего свинцово-цинкового месторождения

Павловское месторождение расположено на Новой Земле Архангельской области на северо-западе Южного острова архипелага в 16–17 км на восток от устья реки Безымянная в пределах Безымянского полиметаллического минералогического узла.

В целях освоения Павловского месторождения в 1998 г. было создано АО «Первая горнорудная компания» (ПГРК), которое в 2000 г. получило лицензию на право пользования недрами в бассейне р. Безымянной с целью их геологического изучения. В 2001–2002 гг. в результате проведения комплекса поисковых и поисково-оценочных работ получено свидетельство, подтверждающее открытие месторождения. В 2013–2014 гг. составлен и утверждён в ФБУ ГКЗ «Роснедра» проект, который согласован на НТС Управления по недропользованию по Архангельской области. В 2014 г. получена лицензия с целью разведки и добычи свинцово-цинковых руд. Выполнен проект проведения разведочных работ на Павловском, получивший положительное заключение ФБУ «Росгеолэкспертиза». Работы согласованы Министерством обороны России. Проведён комплекс геологоразведочных работ, а также дана оценка экологического состояния объекта.

В 2016 г. утверждены постоянные разведочные кондиции и запасы руд цинка, свинца и серебра промышленных категорий для отработки их открытым способом. ПГРК и «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» подписали соглашение о сотрудничестве, которое предусматривает подготовку и переподготовку специалистов, проведение научно-исследовательских работ, необходимых для освоения месторождения Павловское. В 2018 г. проект освоения Павловского месторождения получил статус приоритетного инвестиционного проекта Архангельской области. В 2019 г. завершены инженерные изыскания для проектирования портового комплекса и горно-обогатительного комбината.

В 2019 г. подписаны рамочные предофф-тейк соглашения и письма о намерениях с рядом европейских трейдеров, необходимые для кредитных организаций в качестве подтверждения маркетинговой и сбытовой стратегии.

В 2020 г. проведены геологоразведочные работы для оценки Минеральных Ресурсов в соответствии с кодексом JORC и инженерных изысканий в рамках технического исследования Pre-Feasibility study. Проведены повторные общественные слушания по вопросу оценки воздействия на окружающую среду. Подписано соглашение с финской технологической компанией о сотрудничестве в вопросах проектирования, поставки и ввода в эксплуатацию обогатительной фабрики для обработки свинцово-цинковых руд.

В 2021 г. в Северном (Арктическом) федеральном университете на средства АО «Первая горнорудная компания» открыта «Лаборатория горнорудного производства и карьеров» с обучением в горно-геологической информационной системе Micromine. «Первой горнорудной компанией» на месторождении осуществлена первая оценка запасов в соответствии с Кодексом JORC, представлена первая оценка рудных запасов для отработки открытым способом.

В 2021 г. проект «Павловское» включён в перечень проектов, планируемых к реализации в Арктической зоне России. Получено заключение экологической экспертизы проекта для строительства ГОКа и портового комплекса.

Серебросодержащее свинцово-цинковое месторождение Павловское разделено на три блока: Восточный, Центральный и Западный.

В пределах Восточного блока была осуществлена сеть буровых скважин и горных выработок 150 — 200 x 100 м (6 профилей, 14 скважин).

Месторождение в структурном плане относится к Пайхойско-Новоземельской складчатой системе и имеет возраст конец триаса — начало юры.

Павловское рудное поле охватывает территорию более 12 км² и сложено силурийско-девонскими терригенными, терригенно-глинистыми и карбонатными породами. Они дислоцированы и образуют Безымянскую антиклиналь с размером крыльев 3–4 км. Павловское месторождение приурочено к юго-восточному крылу антиклинали, сложенному карбонатными формациями грибовской свиты раннего девона (D1gr). Карбонатные образования грибовской свиты частично перекрыты толщей карбонатно-глинистых отложений тайнинской свиты (D1-2 tn).

Из рудных пересечений около половины связано с органогенными разностями, более трети связано с тонко- и микрозернистыми разностями, 16% рудных пересечений отнесено на осадочные брекчии, доломитистые и глинистые разности.

Степень насыщения карбонатных пород сульфидами колеблется от рассеянной сульфидной (пирит, сфалерит, галенит) вкраплённости и отдельных прожилков до брекчиевидных и массивных руд

Рудоносность и морфология рудных тел месторождения

На Павловском установлены три рудные залежи — Центральная, Восточная и Правобережная. Центральная и Восточная залежи расположены на левом берегу р. Безымянная, детально разведаны и содержат основные запасы свинцово-цинковых руд месторождения категорий В, С₁ и С₂.

Рудные тела Центральной залежи фрагментарно выходят на дневную поверхность на западе залежи, погружаясь до глубины 300–450 м на восточном фланге в пределах Смежного тектонического блока, где перекрываются существенно аргиллитовой толщей тайнинской свиты, слагающей ядро грабен-синклинали, формирующей этот блок.

К Центральной залежи отнесены также оторванные от основного оруденения и выявленные работами рудные тела на её крайних северо-восточном и юго-западном продолжениях.

Проекция залежи на горизонтальную плоскость (поверхность) имеет сложную конфигурацию, максимальные размеры ~ 1500x1000 м, ориентирована в северо-восточном (50–55°) направлении. Предполагавшееся в пределах грабен-синклинали соединение на глубине оруденения Центральной и Восточной залежей разведочными работами не подтверждено, залежи разделены разрывным нарушением северо-восточного простирания, формирующего поднятый Восточный тектонический блок — Восточную горст-антиклиналь.

Восточная залежь расположена в пределах Восточного и Диабазового тектонических блоков. Оруденение залежи выходит на поверхность в ядре горст-антиклинали, обнажаясь также в береговом обрыве р. Безымянная на севере структуры, и погружается на юг. С запада оруденение ограничено разрывным нарушением северо-восточного простирания, на востоке оно перекрывается отложениями тайнинской свиты и прослежено бурением до глубины 290–310 м.

Залежь имеет более простую, чем Центральная залежь, конфигурацию горизонтальной проекции, вытянута в северо-восточном направлении. Максимальные размеры в плане — 870x320 м.

Фактически представляет собой совокупность одного мощного (основного) рудного тела, слагающего ядро и крылья горст — антиклинали и нескольких маломощных и непротяжённых рудных тел, залегающих преимущественно над, реже — под основным рудным телом. Основное рудное тело с запада и востока сечётся разрывными нарушениями северо-восточного простирания и прослеживается за ними более редкой сетью скважин. При этом с запада за разломом мощность тела резко уменьшается, на отдельных линиях оно распадается на 2–3 отдельных тела («ветви»). С востока за разломом, наоборот, мощность его сохраняется или возрастает. При подсчёте запасов продолжения основного рудного тела за разломами выделены в отдельные подсчётные блоки.

Правобережная залежь, являющаяся продолжением Восточной залежи на правом берегу р. Безымянной, в плане имеет размеры ~ 120x210 м и ориентирована также в северо-восточном (25°) направлении.

В результате проведённых оценочных и разведочных работ ранее установленные закономерности размещения оруденения в целом подтверждены. При этом предполагавшийся ранее локальный стратиграфический контроль оруденения определёнными пачками или горизонтами внутри грибовской свиты не установлен.

Для Восточной залежи морфология основного рудного тела подтверждается, при этом установлено продолжение оруденения на глубину на восточном фланге залежи, нескольких маломощных и непротяжённых рудных тел, залегающих преимущественно над,

реже — под основным рудным телом. Выявлено продолжение оруденения на правом берегу р. Безымянная (Правобережная залежь).

Для Центральной залежи в сравнении с данными ранее проведённых работ отмечается усложнение морфологии залежи и её конфигурации в плане за счёт увеличения разобщённости и количества рудных тел, а также оторванных от основного оруденения и выявленных работами 2014 г. рудных тел на её крайних северо-восточном и юго-западном продолжениях (табл. 1).

Таблица 1

Средняя мощность рудных тел Восточной и Центральной залежей по вариантам бортовых содержаний

Залежь	Средняя мощность рудных тел			
	Борт 1.0%	Борт 1,5%	Борт 2%	Борт 2.5%
Восточная залежь	32,25	29,8	28,2	28,3
Центральная залежь	12,0	10,7	11,7	11,1

По классификации Павловское относится к геолого-промышленному стратиформному свинцово-цинковому типу месторождений в карбонатных толщах.

Генетическая природа стратиформных (приуроченных к литолого-стратиграфическим уровням) сульфидных рудных залежей дискуссионна. Преобладают четыре точки зрения на формирование рудных залежей, сводящиеся к следующим:

- из захороненных металлосодержащих растворов-рассолов в пределах карбонатных толщ с последующим постседиментационным перераспределением с реализацией растворов в форме субсогласных и согласных со слоистостью линзо-пластообразных залежей;
- в связи с глубинными гидротермальными источниками, поставлявшими металлосодержащие растворы на дно палеобассейна карбонатонакопления с последующим переходом растворов в гелевидное и метакolloидное состояние с формированием зонально построенных рудных залежей (по нормали к рудной залежи и напластованию вмещающих пород);
- в связи с пластовой миграцией металло- и битумсодержащих растворов из нефтематеринских бассейнов (с преимущественно песчано-глинистыми фациями) к их бортам (с преимущественно карбонатными фациями пород) с реализацией металлоносных растворов в форме субсогласных рудных залежей;
- в связи с гидротермальными металлосодержащими растворами метасоматически замещавшими «благоприятные» породы, при этом источник таких растворов, как правило, не устанавливается.

Первые две точки зрения предполагают как минимум двухэтапное формирование рудных залежей. Первый — на стадиях диагенеза и катагенеза (доскладчатый). Второй — последующая трансформация и регенерация рудного вещества в син- и постскладчатые пли-

кативно-дизъюнктивные структурные ловушки. В этом случае отчётливо проявлены около-рудные метасоматические преобразования — доломитизация, кальцитизация, окварцевание и др. Метасоматические изменения рудовмещающих пород характерны и для формирования рудных залежей по элизионно-катагенетической и гидротермальной моделям. Кроме того, рудные залежи, формирующиеся согласно этим моделям, обладают симметричной по нормали рудного тела зональностью (от осевой части тела к его висячему и лежащему бокам).

Основываясь на выполненных исследованиях последовательности рудного минералообразования и его стадийности, структурно-морфологических особенностях рудных минералов, форме и положению рудных залежей в разрезе, можно сделать следующие выводы о его образовании.

Рудные залежи месторождения формировались, вероятно, синхронно осадконакоплению в связи с поступлением гидротермальных растворов на дно палеобассейна. Их образование происходило, по крайней мере, в три этапа.

На первом (осадочно-диагенетическом) этапе в благоприятных фациальных обстановках образовались пиритовые и галенит-сфалерит-пиритовые руды.

Руды формировались из углеродисто-сульфидно-кремнисто-карбонатных гелей. Происхождение таких гелей синхронно осадконакоплению — из поступавших на дно растворов по системе конседиментационных разломов в периферических частях органогенных построек.

Второй этап — неоднократное перераспределение рудного вещества в процессе его диа- и катагенеза, сопровождавшихся самовзламыванием слабо диагенезированных и диагенезированных сульфидных руд с формированием внутрирудных брекчий и образованием сульфидных минералов нескольких генераций.

Третий этап, связанный, вероятно, с элизионно-гидротермальными процессами при тектонической активизации и фиксируемый «пострудной» разрывной тектоникой и складчатостью, приводит к формированию прожилково-гнездовых и жильных обособлений (кварц-карбонат-сульфидного, кварц-карбонатного, кварцевого и карбонатного составов). В ряде случаев такие образования слагают сетчато-прожилковые, штокверковые, гнездововкрапленные и вкрапленные существенно галенит-сфалеритовые агрегаты на карбонатной и кварц-карбонатной основе. На этом же этапе происходит частичное разлинзование и будинаж рудных тел.

Качественная характеристика полезного ископаемого

Свинцово-цинковые руды Павловского месторождения локализуются преимущественно в разрезе органогенно-рифогенных пород грибовской свиты раннего девона.

Северное рудное поле включает в себя цинковое проявление участка Андреевский и свинцовое участка Северный, связанные с минерализованными разрывными нарушениями.

К Безымянскому рудному узлу относятся также рудопроявления Перья, Промысловое, Пиритовое, Дайковое и Перевальная рудоперспективная площадь. Работами 2013 г. перспективы Перевальной площади оцениваются как отрицательные.

В строении Центральной залежи выделяется рудные тела, расположенные кулисообразно на нескольких (от 2 до 5) уровнях. Протяжённость рудных тел для борта 1% составляет по падению от 3,6 до 667 м, в среднем 115,7 м; минимальная мощность 0,5 м, максимальная в раздувах до 54 м, средняя мощность (по вариантам бортов от 1% до 2,5% соответственно) — 12,0 — 10,7 — 11,7 — 11,1 м.

Для разных вариантов применяемого для оконтуривания бортового содержания массивные и брекчиевые руды составляют, по данным блочного моделирования, 46% (борт 1%), 59% (борт 1,5%) 81% (борт 2%). Распределение различных морфологических типов руд бессистемно, массивные и брекчиевые руды расположены как в лежащем, так и в висячем боку, нередко отмечается смена вкраплённых руд на массивные и наоборот по падению рудных тел. Средние содержания условного металла по залежи для различных вариантов бортов составляют от 3,78 до 6,51%.

Протяжённость рудных тел Восточной залежи для борта 1% составляет по падению от 5,9 до 283,4 м, в среднем 110,5 м; минимальная мощность — 1,4 м, максимальная — 69,5 м, средняя мощность для залежи — по вариантам бортов от 1% до 2,5% соответственно 32,25 — 29,8 — 28,2 — 28,3 м.

Для разных вариантов применяемого для оконтуривания бортового содержания, массивные и брекчиевые руды составляют, по данным блочного моделирования, 75% (борт 1%), 90% (борт 1,5%) 92% (борт 2%) от общего объёма руд залежи. В отличие от рудных тел Центральной залежи, массивные и брекчиевые руды, слагающие большую часть рудных тел, размещены преимущественно в лежащем боку тел, сменяясь по нормали прожилково-вкрапленными рудами, или занимают весь объём тела.

Средние содержания полезных компонентов как для отдельных тел, так и в среднем для залежи выше, чем в Центральной залежи для вариантов бортовых содержаний 1; 1,5; 2% и практически совпадают для варианта борта 2,5%.

Правобережная залежь была выявлена площадными гравиметрическими работами, как интенсивная положительная гравитационная аномалия и вскрыта скважинами в 2013 г. Представлена одним рудным телом, выходящим под чехол четвертичных отложений, погружающимся на восток под аргиллиты тайнинской свиты (угол падения 45°) согласно слоистостью и прослеженным по падению на 165 м до горизонта -100 м от поверхности. Мощность рудного тела — 11–12 м, с севера, юга и востока тело ограничено разрывными нарушениями. Сложено массивными и брекчиевыми рудами.

На февраль 2021 г. ресурсы Павловского оценены в 55 млн т при среднем содержании условного цинка 4%, ресурсы металлов: цинка — 2 млн т, свинца — 430 тыс. тонн, серебра — 30,3 млн унций. Такая оценка минеральных ресурсов подтверждает статус Павловского как

крупнейшего в стране месторождения цинка среди новых проектов [17]. Программа бурения обеспечила достаточную степень достоверности оценки минеральных ресурсов в зоне карьера для открытых работ. Проведено геотехническое бурение с ориентированием керна.

Оценка ресурсов месторождения Павловское получена на основе оптимизации контура карьера с прогнозной ценой на цинк 3 145 долл. США за тонну, цены на свинец — 2 176 долл. США за тонну и цены на серебро — 30 долл. США за унцию. Извлечение цинка запланировано 90%, извлечение свинца — 53%, извлечение в свинцовый концентрат серебра — 33%. Условный цинк (ZnУсл) был рассчитан по формуле $ZnУсл\% = Zn(\%) + 0,408 * Pb(\%) + 0,003 * Ag(г/т)$ на основе цен на металл и извлечения металла в концентрат [18].

Среднее содержание цинка — 6,32%, свинца — 1,26%, серебра — 42,57 г/т, при бортовом содержании условного цинка 2%.

В табл. 2 представлены балансовые и забалансовые запасы полезных ископаемых Павловского месторождения по категориям (по материалам АО «Первая горнорудная компания»).

Таблица 2

Запасы полезных ископаемых Павловского месторождения

Категория запасов	Запасы руда, тыс. т	Запасы металла			Среднее содержание		
		свинец, тыс. т	цинк, тыс. т	серебро, т	свинец, %	цинк, %	серебро, г/т
Балансовые запасы							
В	5234,68	56,92	234,40	122,04	1,09	4,48	23,31
C ₁	21653,05	246,14	1090,92	418,41	1,14	5,04	19,32
В+С ₁	26887,73	303,06	1325,32	540,45	1,13	4,93	20,10
C ₂	20830,05	246,31	1162,57	654,40	1,18	5,58	31,42
Всего	47717,78	549,37	2487,89	1194,85	1,15	5,21	25,04
Забалансовые запасы							
C ₂	13461,48	107,58	531,07	239,23	0,80	3,95	17,77

Составлен проект, включающий бизнес-план деятельности АО «Первая горнорудная компания» Госкорпорации «Росатом» (по материалам АО «Первая горнорудная компания»).

Инвестиционный проект «Павловское» направлен эффективное освоение свинцово-цинкового месторождения. На базе месторождения будет создано горнодобывающее предприятие для добычи и переработки руд мощностью 3,5 млн т руды в год.

Продукция представляет собой два вида концентрата: 1) свинцовый концентрат с содержанием серебра; 2) цинковый концентрат. Годовое производство концентратов в среднем составит: цинкового — 260 тыс. т в год, свинцового с попутным содержанием серебра — 67 тыс. т в год.

В 20 км от обогатительной фабрики запланировано строительство причальных сооружений для погрузки контейнеров с концентратами на контейнеровозы.

Горнодобывающее предприятие включает в свой состав карьер, обогатительную фабрику, хвостохранилище, электростанцию на сжиженном природном газе мощностью 30 МВт, вахтовый посёлок, складское хозяйство и другие объекты.

Разработку месторождения предполагается осуществлять вахтовым методом круглый год. Численность персонала — 436 работников. Продолжительность разработки — до 14 лет.

Продажу цинкового концентрата запланировано выполнять шведскому концерну Boliden, подразделения которого находятся в Норвегии, Финляндии и Швеции; продажу свинцового концентрата — китайской государственной компании Chinalight Resources Imp.&Exp. Corp.

По альтернативному варианту возможна продажа концентратов сырьевому трейдеру Glencore International AG.

Сырьевой трейдер Trafigura предложил вариант предоплатных поставок, который может быть рассмотрен после начала строительства Павловского горно-обогатительного комбината.

Дальнейшая стратегия реализации проекта предусматривает проведение проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ на объектах месторождения.

Проектно-изыскательские работы включают инженерные изыскания и разработку проектной документации для строительства горно-обогатительного комбината, проведение необходимых согласований и экспертиз проектной документации; разработку рабочей документации для строительства ГОКа.

Предусмотрено строительство портовых и припортовых сооружений: отсыпка автодороги и организация базы в зоне площадки строительства; обустройство временного расходного склада ГСМ общей ёмкостью 2 000 м³ с применением эластичных ёмкостей; отсыпка подходной дамбы оградительного сооружения и площадки береговых сооружений; строительство временного плавучего причала для перегрузки строительной и карьерной техники и нефтепродуктов.

Целью основного этапа строительства является ввод в эксплуатацию комплекса объектов добычи и переработки. По объектам горного производства должны быть построены карьерный водоотлив, плотина на реке Безымянная и водоотводный канал реки Безымянная.

На момент написания бизнес-плана (март 2016 г.) определены основные составляющие технологии проекта по базовому варианту как одному из наиболее экономически эффективных: добыча руды открытым способом; переработка свинцово-цинковых руд методом флотации с получением свинцового и цинкового концентратов.

Система разработки месторождения — транспортная, углубочная, продольная, однобортная для Центрального и Южного карьеров и двухбортная — для Восточного карьера, с перемещением вскрышных пород автотранспортом в отвалы, с внешним отвалообразованием.

ем и возможным внутренним отвалообразованием в выработанное пространство Центрального карьера (на пологий западный борт) и Южного карьера.

Данная система является наиболее подходящей для конкретных горно-геологических условий месторождения Павловское.

Общее направление ведения горных работ принято в соответствии с направлением углубки, горизонтальными уступами, продольными заходками при выполнении вскрышных и добычных работ. Горное оборудование для разработки карьера принято соответственно масштабам горных работ.

Технологической схемой предусмотрено ведение горных работ уступами высотой 10 м на вскрышных работах, и высотой 5 м — на добыче руды (с целью минимизации потерь и разубоживания). При подходе к предельным границам карьера рабочие уступы погашаются — сдваиваются или страиваются одним 20-ти или 30-тиметровым уступом, соответственно, с устойчивым углом погашения.

Структура комплексной механизации процессов горных работ предусмотрена с применением горного (бурового и выемочно-погрузочного) оборудования с электроприводом.

Выемку пород покровной полускальной вскрыши (до уровня залегания скальных коренных пород) планируется производить фронтальным погрузчиком с предварительной подготовкой горной массы к выемке механическим способом — предварительным рыхлением с помощью рыхлительно-бульдозерного агрегата с последующим штабелированием и отгрузкой погрузчиком в автотранспорт.

Разработка скальной горной массы (коренных пород) производится с её предварительной подготовкой к выемке буровзрывным способом.

Добытая руда автотранспортом доставляется на склад исходной руды обогатительной фабрики, расположенный западнее Центрального карьера (в 1,25 км).

Вскрышные породы автотранспортом доставляются в породные отвалы. Отвалообразование — бульдозерное.

Процессы горных работ

При проходке взрывных скважин запланировано применение следующих типов буровых станков:

- на вскрышных работах (электропривод) — станок 4СБШ-200-40, диаметр долота 215,9 мм;
- на добыче (электропривод) — станок СБУ-100ГА-50, пневмоударник П-110 (или П-130), диаметр буровой коронки 110 мм;

При буровзрывных работах на вскрыше при высоте уступа 10 м применяют скважины диаметром 216 мм, а на добыче полезного ископаемого используют скважины диаметром 110 мм. Для руд месторождения павловское возможно применение эмульсионного взрывчатого вещества «порэмит».

Погрузка горной массы после взрыва при добыче руды осуществляется карьерным гидравлическим экскаватором Komatsu PC750SE-7 «обратная лопата» с вместимостью ковша 2,8 м³ с возможностью замены на ковш 4,5 м³ «прямая лопата». Погрузка запланирована в 30-тонные самосвалы БелАЗ-7540. На вскрыше будет применён карьерный экскаватор ЭКГ-10 «прямая лопата» с вместимостью ковша 10 м³. Погрузка будет производиться в 90-тонные самосвалы БелАЗ-7557.

Существующее состояние и технология горных работ

Отработка запасов предусматривается открытым способом. Обогащение руды будет осуществляться на обогатительной фабрике, проектируемой на месторождении, с получением отдельно свинцовых и цинковых концентратов. Проектная производительность — не менее 2 000 тыс. т руды в год.

На февраль 2021 г. запасы Павловского месторождения учтены в 55 млн т (при концентрации цинка 4%), запасы металлов: цинка — 2 млн т, свинца — 430 тыс. т, серебра — 30,3 млн унций.

Для получения рудного концентрата планируется построить горнообогатительный комбинат. В ноябре 2020 г. ПКРК заключил предварительное соглашение с финской компанией Metso Outotec на проектирование плавучего обогатительного комбината.

Ориентировочная дата выхода ГОКа на промышленные объёмы — 2024 г.

Одним из авторов данной статьи Ушаковой В.А. в рамках дипломного проекта, защищённого 3 февраля 2022 г. в Северном (Арктическом) федеральном университете, предложен следующий вариант разработки Павловского месторождения.

Система разработки месторождения определена по Шешко Е.Ф. Система отнесена к группе Б с продольным (фронтальным) перемещением горной породы в отвалы при помощи транспортных средств, система Б-5 предусмотрена с транспортированием породы на внешние отвалы.

Система разработки по Мельникову Н.В. определена как транспортная система разработки, при которой вскрышные горные породы средствами автомобильного транспорта перемещаются во внешние отвалы.

Система разработки по Ржевскому В.В. — система разработки углубочная, продольная однороторная.

Разработка месторождения будет осуществляться в два этапа уступами высотой 20 м и с предварительным рыхлением полезного ископаемого, вскрышных пород с помощью буровзрывных работ.

Первые четыре уступа имеют высоту 10 м, так как первые 40 м больше подвержены деформационным сдвигам, на этой глубине имеются прослои более слабых пород, которые подвергаются ежегодным циклам замораживания-оттаивания, что также снижает прочностные характеристики пород. К тому же после завершения отработки месторождения

первые меньшие по высоте уступы будет легче подвергнуть рекультивационным работам (рис. 1).

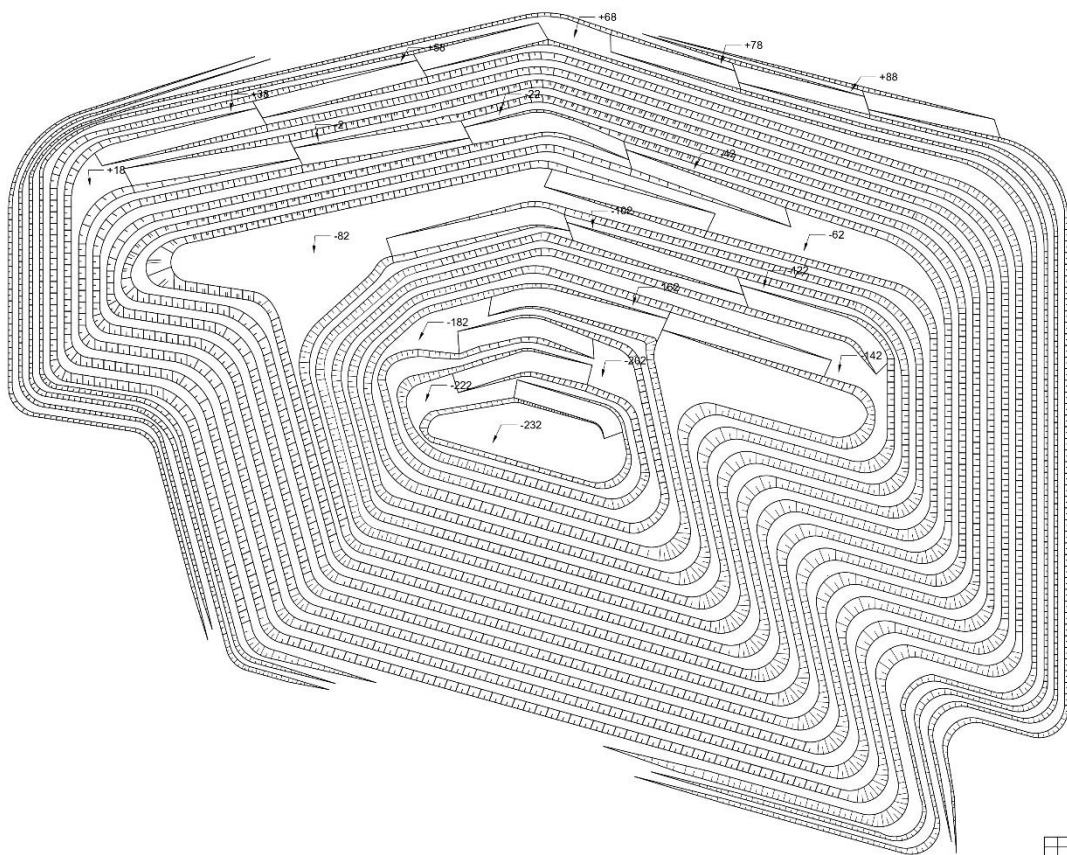


Рис. 1. Конечный контур карьера залежи «Центральной» (исполнитель Ушакова В.А.).

Проектируемая обогатительная фабрика (ОФ) предназначена для переработки серебро-содержащих свинцово-цинковых руд месторождения «Павловское» с целью получения двух видов товарной продукции — свинцового и цинкового флотационных концентратов. Производительность обогатительной фабрики составит 3,5 млн т по исходной руде в год.

Для усреднения руды и обеспечения бесперебойной подачи её на фабрику предусматривается размещение двух отвалов карьерной товарной руды вместимостью до 150 000 т каждый.

Из приёмного бункера исходная руда с помощью пластинчатого питателя подаётся в щековую дробилку, имеющую загрузочное отверстие.

Дроблёная руда крупностью 0-250 мм (P80 — 152 мм) совместно с просыпями пластинчатого питателя по конвейерной галерее подаётся на промежуточный наземный склад дроблёной руды. Руда с промежуточного склада дроблёной руды по конвейерной галерее поступает в отделение измельчения.

Питанием основной свинцовой флотации является слив гидроциклонов, поступающий из отделения измельчения. Перед подачей руды во флотацию руда поступает в операцию агитации с реагентами и с дополнительной подачей воздуха для усиления депрессии пирита. Хвосты 1-ой и 2-ой основной свинцовой флотации направляются на контрольную свинцовую флотацию, а концентрат подаётся в зумпф, откуда насосами подаётся на 1-ую перечистную

флотацию свинца. Хвосты контрольной флотации свинца будут направлены на основную флотацию цинка.

Питанием основной флотации цинка являются объединённые хвосты отделения свинцовой флотации. Концентрат основной цинковой флотации поступает на 1-ую перерешеточную цинковую флотацию, а хвосты направляются на контрольную цинковую флотацию.

В отделении сгущения предусмотрена установка двух радиальных сгустителей для сгущения товарных концентратов отделений свинцовой и цинковой флотации. Фильтрация свинцового и цинкового концентратов осуществляется в камерных пресс-фильтрах.

Для обеспечения стабильной, равномерной и безаварийной работы обогатительной фабрики предусмотрена система распределения автоматического контроля технологическими параметрами оборудования и автоматизированного управления технологическими процессами на основе логических контроллеров (DCS) с выводом всех показателей и управляющих воздействий в центральную операторскую. Система направлена на соблюдение режимных параметров и предотвращение аварийных ситуаций, связанных с выходом из строя оборудования и нарушениями технологического режима.

Присвоение проекту Павловское статуса «приоритетный» даёт дальнейшую поддержку руководителей Архангельской области и сопровождение на всех этапах его реализации. Предусмотрено предоставление налоговых льгот по налогу на прибыль и налогу на имущество организаций для АО «Первая горнорудная компания» в размере около 500 млн рублей. Успешная реализация проекта наряду с вкладом в социально-экономическое развитие арктических территорий страны позволит увеличить валовой региональный продукт региона и образует более тысячи новых рабочих мест [7, Евдокимов А.Н., Каленич А.П., Крюков В.Д., Ласточкин А.В., Семенов Ю.П.].

Свинцово-цинковые рудопрооявления на Новой Земле

Рядом с Павловским месторождением располагаются рудопрооявления Северное и Перевальное.

Северное рудное поле пока изучено недостаточно, но оно является перспективным для добычи свинцово-цинковых руд. Средние содержания цинка колеблются от 32 до 58%, а свинца — от 10 до 30%. Рудные минералы сфалерит и галенит не образуют агрегаты в горной породе, а располагаются раздельно. Такая текстурная особенность руд может быть использована при выборочной разработке месторождения и последующем обогащении руд. Ресурсы Северного рудного поля учтены в сумме более 5 млн т цинка и около 1 млн т свинца.

Перевальное рудное поле находится в 20 км на северо-восток от Павловского месторождения. По геофизическим данным рудные тела Перевального поля аналогичны по размерам залежам массивных свинцово-цинковых руд Павловского месторождения. Определена двухярусная рудная залежь мощностью от 25 до 50 м на площади 3 км².

АО «Первая горнорудная компания» собирается продолжить геологоразведочные работы на новых площадях. Вполне вероятно открытие месторождений цинка и свинца на архипелаге. На Южном острове известно Шумилихинское оруденение, которое охватывает площадь в 1,2 км², на которой установлено несколько рудных залежей мощностью 1–3 м и протяжённостью в десятки метров. Содержания цинка колеблются от 1,2 до 24,89%, свинца — от 1,0 до 14,33% [6, Виттенбург П.В.].

Свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления на Вайгаче

На юго-западном побережье острова Вайгач в пределах Лямчинского рудного узла известны свинцово-цинковые месторождения Красное и Раздельное. На них в тридцатые годы прошлого века силами заключённых ГУЛАГа проводилась добыча руды. Зафиксированы свинцово-цинковые рудопроявления Пайгото, Талата-Сале и Цинковый Нос. Запасы цинка на Вайгаче составляют 9,0 тыс. т категории С2, ресурсы цинка: 22,8 тыс. т — Р1, 705 тыс. т — Р2, 3 400 тыс. т — Р3. Ресурсы свинца на острове Вайгач составили 0,5 тыс. т — Р1, 68,0 тыс. т — Р2, 260,0 тыс. т — Р3. В рудах присутствуют примеси серебра, кадмия, германия, золота. В целом по острову Вайгач ресурсы разных категорий цинка и свинца достигают 4 млн т.

Свинцово-цинковые проявления на Северном Тимане и в Амдерме Ненецкого автономного округа

На Северном Тимане мелкие проявления свинца и цинка связаны с грейзенизированными пегматитами. Рудопроявления представляют собой вкраплённость галенита, пирита, халькопирита, молибденита, пирротина, сфалерита, пирохлора и флюорита. Содержание свинца колеблется от 0,001 до 1,0%; цинка достигает до 0,05%; меди — 0,005-0,01%. Общая мощность зоны минерализации составляет 16,5 м при среднем содержании свинца 0,12%; цинка — 0,017%, церия — 0,046% и лантана — 0,052%. В слюдитах на мысе Малый Румяничный наблюдается густая вкраплённость и гнезда галенита размером до 5 см. Содержание свинца составляет 0,61%, цинка — 0,18%, молибдена — 0,02% при мощности рудной зоны 0,5 м. Минерализация подтверждена скважинами на глубину до 142 м [17, Плякин А.М., Беляев В.В.]. На Северном Тимане оценено, что рудопроявление цинка имеет ресурсы Р2 700 тыс. т. [6, Виттенбург П.В.].

На Северном Тимане известны рудопроявления медно-никелевых руд [28, Данилов М.А., Ермоленко Ю.П., Скрипниченко В.А.], которые были вскрыты поисковыми скважинами в габброидных горных породах. Ресурсы меди на Ручьевской площади учтены в сумме 800 тыс. т категории Р2. Ресурсы никеля в Бугровской зоне учтены в сумме 7,5 тыс. т Р1, 23,7 тыс. т Р2, 2 000 тыс. т Р3. Апатит-титан-ванадиевых руды вскрыты скважинами в пределах расслоённого габбро-сиенитового комплекса Северного Тимана [29, Данилов М.А., Скрипниченко В.А.], они могут добываться в комплексе с другими полезными ископаемыми.

Амдерминское месторождение флюорита, свинца и цинка известно у посёлка Амдерма на берегу Карского моря (Северный Пай-Хой). С 1932 г. на месторождении добывали

руды; с 1951 г. месторождение законсервировано. Руды сложены флюоритом и флюоритизированными известняками, несущими сульфидную (сфалерит, галенит, пирит) вкрапленность. Содержание цинка — 0,33–1,11%, свинца — 0,2%; на глубине 100 м содержания свинца и цинка в сумме достигают 1,5%. Ресурсы свинца и цинка не оценивались. На Амдерминском месторождении могут быть организованы добычные работы. Транспортировка комплексных свинцово-цинково-флюоритовых руд будет осуществляться через морской порт Амдермы.

Сотрудники Института геологии Коми НЦ РАН определили стоимость запасов и ресурсов твёрдых полезных ископаемых в млрд руб.: 1) в недрах Ненецкого автономного округа (Северный Тиман) запасы+ресурсы (P1+P2) цинка — 26 млрд руб.; 2) в недрах острова Вайгач запасы+ресурсы (P1+P2) цинка — 13 млрд руб., свинца — 0,7 млрд руб. [6, Виттенбург П.В.].

Свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления Полярного Урала

Саурейское свинцово-цинковое месторождение, открытое в 1967 г., по генезису определено как стратиформное телетермальное регенерированное месторождение. Данный район перспективен для открытия новых рудных месторождений на базе проявлений свинца и цинка.

Саурейское месторождение свинцовых руд располагается в Приуральском районе в верховьях р. Малой Хууты, в 70 км к северо-западу от железной дороги Обская — Бованенково. Средний состав медно-цинково-свинцовой руды: свинец — 6,18%, цинк — 0,15%, медь — 0,059%. Запасы Саурейского месторождения оценены в 2 898 тыс. т руды по категории C1, (свинца — 182,1 тыс. т., цинка — 9,0 тыс. т.); в 2578 тыс. т руды по категории C2, (свинца — 144,6 тыс. т., цинка — 12,5 тыс. т.).

По результатам работ был составлен геологический отчёт Саурейской геолого-поисковой партии (авторы Котельников Б.С., Маливанчук Б.В., Дончак В.В., и др.). Необходимо дополнительное проведение геологоразведочных работ. Недропользователем Саурейского месторождения является ЗАО «Нефтересурсы», которое осуществляет разведку и добычу свинцовых руд на Саурейском рудном поле (Лицензия СЛХ 02276 ТЭ от 11.10.2010). Зона оруденения месторождения прослежена на 1 400 м, зафиксирована на 200–700 м — по падению при ширине около 100 м. На Саурейском месторождении зафиксировано 13 рудных тел в Главной и Восточной рудных зонах.

Главными рудными минералами на месторождении определены сульфиды: галенит, сфалерит, тетраэдрит, сульфат — барит, к второстепенным минералам отнесены пирит, халькопирит, арсенопирит, бурнонит; в зоне окисления обнаружены медная зелень, церуссит, англезит, смитсонит.

Запасы Саурейского месторождения учтены по категориям C1+C2: руда в сумме 6 100,7 тыс. т, в том числе свинец — 357,6 тыс. т (содержание 5,86 %), барит — 596,6 тыс. т (содержание 9,78%), цинк — 28,8 тыс. т (содержание 0,47 %), серебро — 183,6 т (концентрация

30,1 г/т), золото — 0,378 т, медь — 1 700 т, кадмий — 278,6 т, сурьма — 236,4 т [5, Контарь Е.С.].

На флангах Саурейского месторождения располагается несколько рудных проявлений: Новое, Южное (Цинковое), Орангское, Спокойное, Придорожное, Свинцовое.

Разработка Саурейского месторождения затруднена из-за отсутствия дорог. Месторождение находится на берегу речки Малая Хута, впадающей в Байдарацкую губу, в 70 км от железной дороги Обская — Бованенково.

На полуострове Таймыр в Красноярском крае учтено месторождение Партизанское, которое представлено сфалерит-галенит-сидеритовыми жилами с простиранием 2–3 км. Средняя мощность жил составляет от 1,1 до 1,5 м, содержание цинка и свинца в руде достигает 4%, примесь серебра составляет 800 г/т. Месторождение следует относить к перспективному объекту для добычи руды, так как оно располагается недалеко от реки Нижняя Таймыра.

Заключение

Объекты, связанные с добычей полезных ископаемых в Арктике, имеют важное стратегическое значение для укрепления национальной безопасности страны в целом.

Свинцово-цинковые месторождения и рудопоявления на территории российской Арктики расположены на архипелаге Новая Земля, на острове Вайгач, на Полярном Урале и Северном Тимане.

Подготовлено к разработке месторождение Павловское на Новой Земле с объёмом инвестиций 71 млрд руб. 7 млрд руб. ПГРК должна получить из бюджета в виде субсидии на строительство инфраструктурных объектов. Налоговые отчисления составят не менее 43 млрд рублей за период разработки. Компания завершила подсчёт запасов руды, провела инженерные изыскания, осуществила проектирование ГОКа и портового комплекса.

Ежегодно на Павловском ГОКе будут производить до 47 тыс. т свинцовых и 223 тыс. т цинковых концентратов. Интерес к продукции выразили отечественные и крупнейшие зарубежные промышленные группы.

Экономическую эффективность разработчики месторождения могут достичь за счёт применения открытых горных работ с небольшим коэффициентом вскрыши, за счёт высокого содержания металлов в руде (5,21% цинка, 1,15% свинца), за счёт применения инновационных технологических решений, например, установки обогатительной фабрики на плавучей платформе. Проект реализуется с финской компанией Outotec.

Следующим наиболее перспективным объектом является месторождение Саурейское на Полярном Урале. Проблема при освоении данного месторождения состоит в удалённости объекта от транспортных магистралей. Месторождение располагается в 70 км к северо-западу от железнодорожной ветки Обская — Бованенково, поэтому необходимо запланировать строительство грунтовой дороги от месторождения до железной дороги. Далее грузы

могут быть направлены в порты Обской губы или в порт Индига, когда он будет введён в строй.

Месторождения свинца и цинка на острове Вайгач и на берегу около Амдермы ранее уже разрабатывались. Необходимо провести переоценку их запасов и определить возможные варианты разработки. Транспортировка добытой руды будет осуществляться через порт Амдерма.

На Северном Тимане переоценку запасов руд цветных металлов следует провести в комплексе (свинец, цинк, молибден, медь, никель). Добыча руд может быть целесообразна в связи со строительством глубоководного морского порта Индига, который планируется разместить в нескольких километрах от рудопоявлений цветных металлов.

Таким образом, свинцово-цинковые месторождения арктических территорий Тимано-Североуральского региона, включая архипелаг Новая Земля, остров Колгуев, Полярный Урал и Северный Тиман, можно объединить в минерально-сырьевой центр, имеющий важное экономическое значение для России.

Список источников

1. Бортников Н.С., Лобанов К.В., Волков А.В., Галямов А.Л., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю., Викентьев И.В., Тарасов Н.Н., Дистлер В.В., Аристов В.В., Чижова И.А. Месторождения стратегических металлов в Арктической зоне // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 6. С. 479–500. DOI: 10.7868/S0016777015060027
2. Додин Д.А., Иванов В.Л. Минерально-сырьевой потенциал российской Арктики и его роль в развитии экономики // Разведка и охрана недр. 2000. № 12. С. 17–23.
3. Додин Д.А., Евдокимов А.Н., Каминский В.Д. Минерально-сырьевые ресурсы Российской Арктики: состояние, перспективы, направления исследований. Санкт-Петербург: Наука, 2007. 767 с.
4. Goldfarb R.J., Ayuso R., Miller M.L. et al. The Late Cretaceous Donlin Creek Gold Deposit, Southwestern Alaska: Controls on Epizonal Ore Formation // Economic Geology. 2004. Vol. 99. № 4. Pp. 643–671.
5. Контарь Е.С. Геолого-промышленные типы месторождений, меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы): научная монография / Департамент по недропользованию по Уральскому федеральному округу (Уралнедра). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 199 с.
6. Виттенбург П.В. Рудные месторождения острова Вайгача и Амдермы / Главсевморпуть при СНК СССР, Горно-геологическое управление. Ленинград; Москва: Издательство Главсевморпути, 1940. 176 с.
7. Евдокимов А.Н., Каленич А.П., Крюков В.Д., Ласточкин А.В., Семенов Ю.П. Новая Земля — перспективный ресурсный объект на Баренцево-Карском шельфе // Разведка и охрана недр. 2000. № 12. С. 40–43.
8. Лаженцев В.Н. Народнохозяйственный подход к развитию минерально-сырьевого комплекса Европейского Северо-Востока // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2000. № 1. С. 2–11.
9. Карпузов А.Ф., Рундквист Д.В., Черкасов С.В. Мировые тенденции развития минерально-сырьевого сектора экономики // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. 2006. № 6. С. 84–88.
10. Вартанян С. С., Кривцов А. И., Мигачев И. Ф. Программно-целевая система прогноза и поисков месторождений твёрдых полезных ископаемых // Руды и металлы. 2009. № 1. С. 10–13.

11. Говердовская Т.Г., Додин Д.А., Евдокимов А.Н. Цветные металлы. Гл. 6: Металлические полезные ископаемые // Минерально-сырьевые ресурсы Российской Арктики: состояние, перспективы, направления исследований. Санкт-Петербург, 2007. С. 317–473.
12. Монастырных О.С. Финансово-экономическое обеспечение работ по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы Российской Федерации // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. 2007. № 3. С. 32–37.
13. Михайлов Б.К., Петров О.В., Кимельман С.А. Богатство недр России. Минерально-сырьевой и стоимостный анализ. «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского». Изд. 2-е, доп. и перераб. Санкт-Петербург: Издательство ВСЕГЕИ, 2008. с. 429–432.
14. Михайлов Б.К., Воробьев Ю.Ю., Кимельман С.А. Геолого-экономические особенности развития и освоения российской минерально-сырьевой базы // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. 2008. № 5. С. 54–63.
15. Гусев Г.С., Головин А.А., Гуцин А.В. Минерагенический потенциал недр России. Вып. 1: Восточноевропейско-Баренцевская мегапровинция. Москва: Геокарт: ГЕОС, 2008. 727 с.
16. Карпузов А.Ф., Лебедев А.В., Житников В.А., Коровкин В.А. Минерально-сырьевая база твёрдых полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. 2008. № 4. С. 66–80.
17. Плякин А.М. Твёрдые полезные ископаемые Тимана: учебное пособие. Ухта: УГТУ, 2005. 92 с.
18. Додин Д.А., Иванов В.Л., Каминский В.Д. Российская Арктика — крупная минерально-сырьевая база страны (к 60-летию ВНИИОкеангеология) // Литосфера. 2008. № 4. С. 76–92.
19. Кочнев-Первухов В.И., Мигачев И.Ф., Звездов В.С. Основные тенденции использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы цветных металлов России // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. 2008. № 3. С. 13–17.
20. Бадтиев Б.П., Бирик С.Д. Месторождения Таймыра // Цветные металлы. 2009. № 5. С. 40–43.
21. Орлов В.П. Новые центры сырьевого обеспечения экономического роста на период до 2030 г. // Минеральные ресурсы России: Экономика и управление. 2009. № 3. С. 2–4.
22. Верчеба А.А. Проблемы освоения минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых России // Горный журнал. 2009. № 3. С. 25–29.
23. Липина С.А., Череповицын А.Е., Бочарова Л.К. Предпосылки формирования минерально-сырьевых центров в опорных зонах развития в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика и Север. 2018. № 33. С. 29–39. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.33.29
24. Череповицын А.Е., Липина С.А., Евсеева О.О. Инновационный подход к освоению минерально-сырьевого потенциала Арктической зоны РФ // Записки Горного института. 2018. Т. 232. С. 438–444. DOI: 10.31897/PMI.2018.4.438
25. Кондратьев В.Б. Минеральные ресурсы и будущее Арктики // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 87–96. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-87-96
26. Кузнецов С.К., Тимонина Н.Н., Кузнецов Д.С. Ресурсный и стоимостной потенциал полезных ископаемых Арктической зоны Тимано-Североуральского региона // Вестник ИГ Коми НК УрО РАН. 2016. № 11. С. 31–39. DOI: 10.19110/2221-1381-2016-11-31-39
27. Tolvanen A., Eilu P., Juutinen A., Kangas K., Kivinen M., Markovaara-Koivisto M., Naskali A., Salokannel V., Tuulentie S., Similä J. Mining in the Arctic environment — A review from ecological, socioeconomic and legal perspectives // Journal of Environment Management. 2019. No. 233. Pp. 832–844. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.124
28. Данилов М.А., Ермоленко Ю.П., Скрипниченко В.А. Первые проявления сульфидных медно-никелевых руд на Северном Тимане // Журнал «Доклады АН СССР». 1977. Т. 232. № 2. С. 413–416.
29. Данилов М.А., Скрипниченко В.А. Апатит-титан-ванадиевое оруденение в щелочных габбро на Северном Тимане // Журнал «Геология рудных месторождений». 1980. № 1. С. 102–106.

References

1. Bortnikov N.S., Lobanov K.V., Volkov A.V., Galyamov A.L., Vikentyev I.V., Tarasov N.N., Distler V.V., Lalomov A.V., Aristov V.V., Murashov K.Y., Chizhova I.A., Chefranov R.M. Strategic Metal Deposits of

- the Arctic Zone. *Geology of Ore Deposits*, 2015, vol. 57, no. 6, pp. 433–453. DOI: 10.7868/S0016777015060027
2. Dodin D.A., Ivanov V.L. Mineral'no-syr'evoy potentsial rossiyskoy Arktiki i ego rol' v razvitii ekonomiki [Mineral Resource Potential of the Russian Arctic and Its Role in the Development of the Economy]. *Razvedka i okhrana nedr* [Prospect and Protection of Mineral Resources], 2000, no. 12, pp. 17–23.
 3. Dodin D.A., Evdokimov A.N., Kaminskiy V.D. *Mineral'no-syr'evye resursy Rossiyskoy Arktiki: sostoyanie, perspektivy, napravleniya issledovaniy* [Mineral Resources of the Russian Arctic: State, Prospects, Directions of Research]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 2007, 767 p. (In Russ.)
 4. Goldfarb R.J., Ayuso R., Miller M.L. et al. The Late Cretaceous Donlin Creek Gold Deposit, Southwestern Alaska: Controls on Epizonal Ore Formation. *Economic Geology*, 2004, vol. 99, no. 4, pp. 643–671.
 5. Kontar E.S. *Geologo-promyshlennyye tipy mestorozhdeniy, medi, tsinka, svintsa na Urale (geologicheskie usloviya razmeshcheniya, istoriya formirovaniya, perspektivy): nauchnaya monografiya* [Geological and Industrial Types of Deposits, Copper, Zinc, Lead in the Urals (Geological Conditions of Location, History of Formation, Prospects)]. Ekaterinburg, UGGU Publ., 2013, 199 p. (In Russ.)
 6. Wittenburg P.V. Rudnye mestorozhdeniya ostrova Vaygacha i Amdermy [Ore Deposits of Vaygach and Amderma Islands]. In: *Glavsevmorput' pri SNK SSSR, Gorno-geologicheskoe upravlenie* [Glavsevmorput under the Council of People's Commissars of the USSR, Mining and Geological Administration]. Leningrad, Moscow, Glavsevmorput' Publ., 1940, 176 p. (In Russ.)
 7. Evdokimov A.N., Kalenich A.P., Kryukov V.D., Lastochkin A.V., Semenov Yu.P. Novaya Zemlya — perspektivnyy resursnyy ob'ekt na Barentsevo-Karskom shel'fe [Novaya Zemlya is a Promising Resource Object on the Barents-Kara Shelf]. *Razvedka i okhrana nedr* [Prospect and Protection of Mineral Resources], 2000, no. 12, pp. 40–43.
 8. Lazhentsev V.N. Narodnokhozyaystvennyy podkhod k razvitiyu mineral'no-syr'evogo kompleksa Evropeyskogo Severo-Vostoka [National Economic Approach to the Development of the Mineral Resource Complex of the European North-East]. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya* [Economics of the North-West: Problems and Development Prospects], 2000, no. 1, pp. 2–11.
 9. Karpuzov A.F., Rundkvist D.V., Cherkasov S.V. Mirovye tendentsii razvitiya mineral'no-syr'evogo sektora ekonomiki [World Trends in the Development of the Mineral Resource Sector of the Economy]. *Mineral'nye resursy Rossii: Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 2006, no. 6, pp. 84–88.
 10. Vartanyan S. S., Krivtsov A. I., Migachev I. F. Programmno-tselevaya sistema prognoza i poiskov mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh [Program-Target System for Forecasting and Searching for Deposits of Solid Minerals]. *Rudy i metally* [Ore and Metals], 2009, no. 1, pp. 10–13.
 11. Goverdovskaya T.G., Dodin D.A., Evdokimov A.N. Tsvetnye metally [Non-Ferrous Metals]. In: *Mineral'no-syr'evye resursy Rossiyskoy Arktiki: sostoyanie, perspektivy, napravleniya issledovaniy* [Mineral Resources of the Russian Arctic: State, Prospects, Directions of Research]. Saint Petersburg, 2007, pp. 317–473.
 12. Monastyrnykh O.S. Finansovo-ekonomicheskoe obespechenie rabot po geologicheskomu izucheniyu nedr i vosproizvodstvu mineral'no-syr'evoy bazy Rossiyskoy Federatsii [Financial and Economic Support to Subsoil Exploration and Replacement of the Mineral Resource Base in the Russian Federation]. *Mineral'nye resursy Rossii: Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 2007, no. 3, pp. 32–37.
 13. Mikhaylov B.K., Petrov O.V., Kimelman S.A. *Bogatstvo nedr Rossii. Mineral'no-syr'evoy i stoimostnyy analiz* [The Wealth of the Subsoil of Russia. Mineral Resource and Cost Analysis]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2008, pp. 429–432. (In Russ.)
 14. Mikhaylov B.K., Vorobyev Yu.Yu., Kimelman S.A. Geologo-ekonomicheskie osobennosti razvitiya i osvoeniya rossiyskoy mineral'no-syr'evoy bazy [Economic-Geological Peculiarities of the Expansion and Development of the Russian Natural Resource Base]. *Mineral'nye resursy Rossii: Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 2008, no. 5, pp. 54–63.
 15. Gusev G.S., Golovin A.A., Gushchin A.V. *Mineragenicheskiy potentsial nedr Rossii. Vyp. 1: Vostochnoevropeysko-Barentsevsкая megaprovintsiya* [Minerogenic Potential of the Subsoil of Russia. Iss. 1: Eastern European-Barents Mega-Province]. Moscow, Geokart: GEOS Publ., 2008, 727 p. (In Russ.)

16. Karpuzov A.F., Lebedev A.V., Zhitnikov V.A., Korovkin V.A. Mineral'no-syr'evaya baza tverdykh poleznykh iskopaemykh [Mineral Resource Base of Solid Minerals]. *Mineral'nye resursy Rossii: Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 2008, no. 4, pp. 66–80.
17. Plyakin A.M. *Tverdye poleznye iskopaemye Timana: uchebnoe posobie* [Solid Minerals of Timan]. Ukhta, UGTU Publ., 2005, 92 p. (In Russ.)
18. Dodin D.A., Ivanov V.L., Kaminsky V.D. Rossiyskaya Arktika — krupnaya mineral'no-syr'evaya baza strany (k 60-letiyu VNIIOkeangeologiya) [Russian Arctic Sector is the Great Mineral-Resources Base of this Country (To the Sixtieth Anniversary of VNIIOkeangeologiya)]. *Litosfera*, 2008, no. 4, pp. 76–92.
19. Kochnev-Pervukhov V.I., Migachev I.F., Zvezdov V.S. Osnovnye tendentsii ispol'zovaniya i vosproizvodstva mineral'no-syr'evoy bazy tsvetnykh metallov Rossii [The Main Trends in the Use and Reproduction of the Mineral Resource Base of Non-Ferrous Metals in Russia]. *Mineral'nye resursy Rossii: Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 2008, no. 3, pp. 13–17.
20. Badtiev B.P., Bibik S.D. Mestorozhdeniya Taymyra [Deposits of Taimyr]. *Tsvetnye metally* [Non-ferrous metals], 2009, no. 5, pp. 40–43.
21. Orlov V.P. New Mineral Resource Centers for Insuring Economic Growth during the Period until 2030. *Mineral'nye resursy Rossii: Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 2009, no. 3, pp. 2–4.
22. Vercheba A.A. Problemy osvoeniya mineral'no-syr'evoy bazy tverdykh poleznykh iskopaemykh Rossii [Problems of Development of the Mineral Resource Base of Solid Minerals in Russia]. *Gornyy zhurnal* [Mining Journal], 2009, no. 3, pp. 25–29.
23. Lipina S.A., Cherepovitsyn A.E., Bocharova L.K. The Preconditions for the Formation of Mineral and Raw Materials Centers in the Support Zones of the Arctic Zone of the Russian Federation. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2018, no. 33, pp. 24–32. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.33.29
24. Cherepovitsyn A.E., Lipina S.A., Evseeva O.O. Innovatsionnyy podkhod k osvoeniyu mineral'no-syr'evogo potentsiala Arkticheskoy zony RF [An Innovative Approach to the Development of the Mineral Resource Potential of the Arctic Zone of the Russian Federation]. *Zapiski Gornogo instituta* [Journal of Mining Institute], 2018, vol. 232, pp. 438–444. DOI: 10.31897/PMI.2018.4.438
25. Kondratiev V.B. Mineral'nye resursy i budushchee Arktiki [Mineral Resources and Future of the Arctic]. *Gornaya promyshlennost'* [Mining Industry Journal], 2020, no. 1, pp. 87–96. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-87-96
26. Kuznetsov S.K., Timonina N.N., Kuznetsov D.S. Resursnyy i stoimostnoy potentsial poleznykh iskopaemykh Arkticheskoy zony Timano-Severoural'skogo regiona [Resource and Value Potential of Mineral Resources of Arctic Zone of Timan-Northern Ural Region]. *Vestnik IG Komi NK UrO RAN* [Vestnik of Institute of Geology of Komi Science Center of Ural Branch RAS], 2016, no. 11, pp. 31–39. DOI: 10.19110/2221-1381-2016-11-31-39
27. Tolvanen A., Eilu P., Juutinen A., Kangas K., Kivinen M., Markovaara-Koivisto M., Naskali A., Salokannel V., Tuulentie S., Similä J. Mining in the Arctic Environment — A Review from Ecological, Socioeconomic and Legal Perspectives. *Journal of Environment Management*, 2019, no. 233, pp. 832–844. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.11.124
28. Danilov M.A., Ermolenko Yu.P., Skripnichenko V.A. Pervye proyavleniya sul'fidnykh medno-nikelevykh rud na Severnom Timane [The First Manifestations of Sulfide Copper-Nickel Ores in the Northern Timan]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the Academy of Sciences of the USSR], 1977, vol. 232, no. 2, pp. 413–416.
29. Danilov M.A., Skripnichenko V.A. Apatit-titan-vanadievoe orudnenie v shchelochnykh gabbro na Severnom Timane [Apatite-Titanium-Vanadium Mineralization in Alkaline Gabbro on the Northern Timan]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of Ore Deposits], 1980, no. 1, pp. 102–106.

Статья поступила в редакцию 14.03.2022; одобрена после рецензирования 26.04.2022;
принята к публикации 28.04.2022

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.