

УДК 553.41 (470.22) + 553.5

ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ НОВЫЕ ПЕСКИ (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ) – НОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЪЕКТ РУДНОГО СЫРЬЯ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**П. В. Фролов¹, В. М. Тытык², В. И. Кевлич¹, Г. А. Микулин²,
А. И. Савицкий¹**

¹ Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

² ООО «Онега-Золото», Петрозаводск, Россия

Дается краткий обзор геологической изученности месторождения Новые Пески (Южная Карелия) с момента выявления золото-сульфо-арсенидного проявления до стадии поисково-оценочных работ. Анализируются результаты работ по пробной эксплуатации опытно-промышленного карьера. Особенности геологического строения месторождения связаны со сложноскладчатой Улялегской структурой мезоархейского Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Фенноскандинавского щита. Данная структура представляет собой изолированный останец пород зеленокаменного пояса, сохранившийся среди более древних гранито-гнейсов, прорывается молодыми гранитами, приурочена к восточной Хаутаваарско-Ведлозерской части зеленокаменного пояса. Золотоносная руда объекта локализована в амфиболитах шотозерской толщи неоархея. В статье золоторудный объект Новые Пески впервые рассматривается как комплексный, перспективы которого, наряду с главным полезным ископаемым – золотом, связаны с попутным использованием вскрышных скальных пород в качестве общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ), а также возможным извлечением и других полезных ископаемых. Приведены результаты испытаний вмещающих скальных пород для производства щебня и сделан вывод о его пригодности для строительства дорог.

Ключевые слова: золото; арсенопирит; рудная минерализация; амфиболиты; вскрышные породы.

P. V. Frolov, V. M. Tytyk, V. I. Kevlich, G. A. Mikulin, A. I. Savitsky. NOVYE PESKI GOLD DEPOSIT (SOUTH KARELIA) IS A NEW EXPERIMENTAL COMPOSITE SOURCE SITE OF ORE AND CONSTRUCTION MATERIALS

The paper is a brief overview of the geological study of the Novye Peski deposit (South Karelia) from detection of the gold-sulfarsenide manifestation to the stages of prospecting and evaluation. The results of trial operation of the pilot industrial quarry are analyzed. The features of the geological structure of the deposit are associated with the composite Ulyaleg structure of the Vedlozero-Segozero greenstone belt of the Fennoscandian Shield. This structure is an isolated remnant of the rocks of the greenstone belt, preserved among the older granite-gneisses and young granites that cut through them, in the eastern Hautavaara-Vedlozero band of the greenstone belt. The gold-bearing ore in the site is localized in amphibolites of the Shotozero strata of the Neoproterozoic. This article is the first

to consider the Novye Peski gold ore site as a composite one, which, alongside gold as main mineral, can yield other useful minerals from overburden rock.

Key words: gold; arsenopyrite; ore mineralization; amphibolites; overburden rock.

Введение

В Карелии на протяжении нескольких десятилетий проводится систематическое изучение золотоносности территории, с выделением перспективных на золото минерагенических зон, в которых обнаружены пока только мелкие золоторудные объекты [Минерально-сырьевая..., 2006; Иващенко, Голубев, 2011]. Однако опыт соседней Финляндии показывает, что такие объекты, в том числе с труднообогатимыми рудами, достаточно успешно эксплуатируются благодаря развитой инфраструктуре, отработанным методикам добычи и технологиям обогащения, упорядоченному горному законодательству (по материалам полевых семинаров в рамках приграничного сотрудничества ТАСИС проекта КОССТОУН с участием ИГ КарНЦ РАН).

В данной статье обсуждается опыт пробной эксплуатации одного из таких объектов в Карелии. ООО «Онего-Золото» отрабатывает комплексную методику максимального использования горной массы, добываясь экологически чистой и экономически эффективной эксплуатации месторождения золотоносных руд и строительных материалов. При этом планируется решить проблемы геоэкологии и экономической рентабельности данного объекта, на его примере отработать новые подходы, позволяющие повысить инвестиционную привлекательность горнодобывающей отрасли Республики Карелия.

Для проведения геологических работ на объекте и прилегающих площадях привлекались специалисты из разных организаций – Карельской геологической экспедиции, Института геологии КарНЦ РАН, ООО «Открытая геология» (СПб) и др.

Краткая история геологической изученности

Золото-сульфо-арсенидное проявление Новые Пески (Южная Карелия) выявлено при геологической съемке работами Карельской геологической экспедиции в 1988 г. [Сиваев и др., 1988]. Объект расположен на территории Пряжинского муниципального района Республики Карелия и находится в 75 км к западу от г. Петрозаводска или в 40 км к северо-западу от райцентра г. Пряжа, в 2,5 км к северо-за-

паду от поселка Новые Пески и одноименной ж/д станции. В последующие годы оно изучалось в процессе проведения различных производственных, тематических и научно-исследовательских работ [Кулешевич, Тытык, 2014; Кулешевич и др., 2014; Коршунова, Чарыкова, 2018]. Основное полезное ископаемое – золото (максимальное содержание в пробах руды – до 56,4 г/т), попутное – мышьяк (арсенопирит).

В 2007–2011 гг. ООО «Онего-Золото» проведены поисковые и поисково-оценочные работы в рамках лицензии ПТЗ 13897 БП на поиски и оценку месторождений рудного золота на участке недр «Хаутаваарская площадь». В результате геологоразведочных работ, включающих поисковые маршруты, геофизические, геохимические, горные и буровые работы, опробование, аналитические и камеральные работы, выявлено около 30 золоторудных пересечений. В соответствии с «Классификацией запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» в 2012 г. месторождение Новые Пески по сложности геологического строения было отнесено к IV группе, а по степени изученности – к группе оцененных. По состоянию на 01.01.2012 г. на месторождении Новые Пески утверждены и поставлены на государственный учет запасы и прогнозные ресурсы в следующем количестве руды и золота: категория C_2 – 230 тыс. т руды (расчетное среднее содержание металла – 4,68 г/т) и 1077 кг золота; категория P_1 – 5,8 т золота; категория P_2 – 5,0 т золота.

На основании отчетных материалов о результатах работ, экспертных заключений СПб филиала ФБУ «ГКЗ» и ФГУП ЦНИГРИ, протоколов утверждения запасов (ТКЗ «Карелнедра») и апробации прогнозных ресурсов (ФГУП ЦНИГРИ) [Ведешкин-Рябов и др., 2011, 2012] Управление по недропользованию по Республике Карелия (Карелнедра) выдало ООО «Онего-Золото» свидетельство ПТЗ 12 МЕТ 00014 от 13.04.2012 г. об установлении факта открытия месторождения рудного золота Новые Пески, что послужило основанием для предоставления ООО «Онего-Золото» лицензии на пользование недрами ПТЗ 01649 БЭ от 04.06.2012 г. с целью разведки и добычи рудного золота на месторождении. Срок действия лицензии – до 10.06.2032 г. В соответствии с лицензией и проектом разведки месторождения работы зарегистрированы в Государственном реестре

работ по геологическому изучению недр. По результатам полевых работ 2012 г. были уточнены временные разведочные кондиции подсчета запасов золота месторождения Новые Пески и по состоянию на 01.01.2013 г. приняты на государственный учет запасы руды и золота для открытого способа разработки: категория C_1 – 358 тыс. т руды и 968 кг золота; категория C_2 – 1487 тыс. т руды и 4176 кг золота.

В 2012–2015 гг. на лицензируемой площади проводились поисковые работы на золото и по вторичным ореолам в пределах Хаутаваарской структуры – литохимическое и шливовое опробование, магнитная съемка. С помощью метода геохимической съемки донной морены выделено две перспективные зоны, выявлена положительная зависимость в распространении Au и элементов Pb, Ag, Sb, Cu, Cd, Bi во вторичных ореолах рассеяния [Вихко, 2013].

С 2018 по 2020 г. осуществлялась пробная эксплуатация опытно-промышленного карьера Новые Пески (в соответствии с проектом ОПР (опытно-промышленная разработка) [Орлов-

ская, Тытык, 2020]. Примерно в 3 км к северо-западу от поселка Новые Пески создана производственная база компании, которая включает лабораторию оперативных аналитических исследований, рабочую пилотную установку для получения рудного концентрата, опытный цех для производства щебня.

Особенности геологического строения месторождения Новые Пески

Месторождение Новые Пески находится в южной части Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса Фенноскандинавского щита в пределах сложноскладчатой Улялегской структуры (рис. 1), представляющей собой изолированный останец зеленокаменных пород среди более древних гранито-гнейсов и молодых прорывающих их гранитов в восточной полосе развития Хаутаваарско-Ведлозерской части зеленокаменного пояса [Рыбаков, 1980]. Улялегская структура, включающая площадь месторождения, сложена породами шотозерской

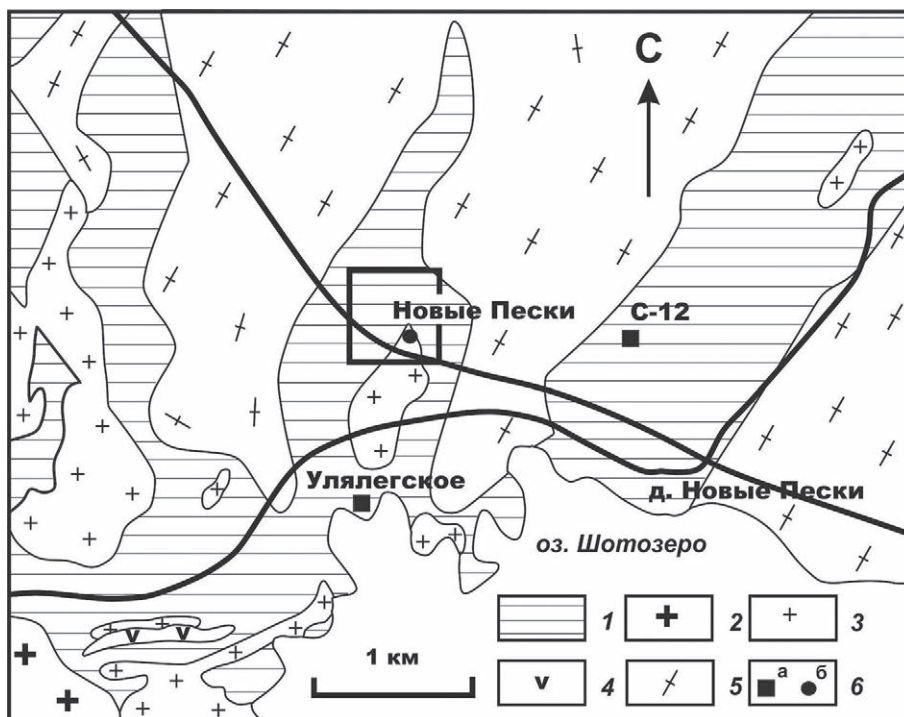


Рис. 1. Схема геологического строения Улялегской структуры (упрощенно, по: [Кулешевич, Тытык, 2014]):

1 – зеленокаменные толщи ($AR_2\text{шт}$ – шотозерская толща); 2 – граниты рапакиви (R_1); 3 – архейские граниты и пегматиты виртаойского комплекса (AR_2v); 4 – габбро-амфиболиты; 5 – гранито-гнейсы (AR_2), 6 – рудопроявления: а – колчеданные, б – золоторудное

Fig. 1. The scheme of the geological structure of the Ulyaleg structure (simplified, according to [Kuleshevich, Tytyk, 2014]):

1 – greenstone strata ($AR_2\text{шт}$ – Shotozero strata); 2 – Rapakivi granites (R_1); 3 – Archean granites, and pegmatites of the Virtaoui complex (AR_2v); 4 – gabbro-amphibolites; 5 – granite-gneiss (AR_2); 6 – ore occurrences: a – pyrite, b – gold ore

толщи, представленными метаморфизованными в условиях эпидот-амфиболитовой – амфиболитовой фаций умеренных давлений осадочно-вулканогенными образованиями мезоархей [Глебовицкий, 1973]. Указанные толщи прорываются позднеархейскими Na-K-гранитами и пегматитами виртаойского комплекса, а также в юго-западной части площади – рифейскими гранитами рапакиви Улялегского массива, возраст которых составляет 1,54 млрд лет [Рыбаков, 1980; Сиваев и др., 1988].

Непосредственно в районе опытно-промышленного карьера развиты главным образом измененные габброиды, преобразованные в достаточно однообразные по внешнему облику и однородные по минеральному составу амфиболиты и амфиболовые кристаллосланцы, в которых фрагментарно сохранилась реликтовая габбровая структура [Орловская, Тытык, 2020]. На западном фланге месторождения среди амфиболитовой толщи присутствуют два прослоя плагиогнейсов, диагностируемые в керне скважин и четко выделяемые по данным гамма-каротажа. Они же вскрыты несколькими скважинами и на восточном фланге месторождения. Плагиогнейсы представлены биотитовыми и хлоритовыми, реже амфиболсодержащими разновидностями. Они слагают прослой мощностью от первых метров до 60 м и прослеживаются в субмеридиональном направлении на расстоянии более 0,5 км. Залега-

ние прослоев крутое (80°) с погружением в западных румбах.

К наиболее поздним образованиям на месторождении относятся небольшие тела пегматитов кварц-полевошпатового состава, а также кварцевые, карбонат-кварцевые, эпидот-кварцевые жилы и прожилки. В геологическом строении месторождения эти жильные образования занимают не более 5 % всего объема пород. Пегматиты образуют жильные и дайкообразные тела крутого или пологого залегания мощностью преимущественно от 0,5 до 3 м, иногда достигающие 15–20 м. Жилы кварцевого и карбонат-кварцевого состава обычно маломощные (0,1–1,0 м), и только в единичных случаях отмечаются в керне скважин пересечения мощностью до 2–3 м.

Учитывая особенности минерального и геохимического состава рудовмещающих пород, предполагается, что первоначально они являлись габброидами и базальтами, впоследствии преобразованными в амфиболиты и кристаллосланцы. Оруденение локализовано в метасоматизированных, рассланцованных и катаклазированных породах, представленных ильменит-кварц-гранат-амфиболовыми, ильменит-кварц-гранат-полевошпат-амфиболовыми метасоматитами и титанит-карбонат-биотит-хлорит-эпидотовыми (клиноцоизитовыми) их разновидностями. В главной рудной зоне наиболее богатые содержания золота в рудах коррелируют с породами, обладающими повышенной магнитностью (рис. 2). К осо-



Рис. 2. Южный борт карьера Новые Пески. Главная рудная зона. Субвертикальная зона (субмеридионального простирания) арсенипиритового оруденения (с содержанием Au в руде до 40 г/т и более) мощностью до первых десятков см. Июнь 2020 г. Фото П. В. Фролова

Fig. 2. The southern side of the Novye Peski quarry. The main ore zone. The sub-vertical zone (of the submeridional strike) of arsenopyrite mineralization (with an Au content in ore up to 40 g/t or more). Photo by P. V. Frolov

бенностям минерального состава метасоматитов следует отнести присутствие гранат-карбонатной ассоциации, распределение которой подчинено сланцеватости пород, а также наличие значительного количества (до 10 %) магнетита и/или ильменита в ассоциации с гранатом и амфиболом. Основными особенностями геохимии метасоматитов являются повышенные концентрации As, коррелируемые с повышенными концентрациями Au, а также относительно высокие концентрации тяжелых лантаноидов (Ce) и скандия.

Золоторудная минерализация в метасоматитах контролируется зонами распространения кварцевых и кварц-карбонатных жил и прожилков небольшой мощности. Метасоматиты, кварцевые и кварц-карбонатные жильно-прожилковые образования тесно связаны с тектонической зоной интенсивного рассланцевания, милонитизации, катаклаза, и таким образом вместе они образуют единую рудную зону, в пределах которой сосредоточены все проявления золоторудной минерализации. Простирание рудной зоны субмеридиональное, залегание крутое (80°) с погружением в западном направлении. В центральной части месторождения ее ширина (мощность) на поверхности достигает 200–250 м с постепенным выклиниванием в северном направлении. С диагональными системами трещиноватости могут быть связаны кварцевые жилы, прожилки, линзы, зоны окварцевания, не содержащие золотоносного оруденения (рис. 3). Секущие жилки пегматитов ориентированы в субширотном направлении и являются, вероятно, жильной фазой Улягского гранитного массива (рис. 4). Таким образом, главные рудоносные системы на месторождении связаны с субмеридиональными системами трещиноватости, геоморфологически выраженными уступами (рис. 5).

Опробование в контуре карьера

В контуре карьера производилась выемка рыхлой горной массы для вскрытия скальных коренных пород. Объем извлеченных вскрышных пород составил 42625 м^3 . На защищенном полотно коренных пород выполнено опробование. Секционные бороздовые пробы отбирались на 65 линиях, заложенных вкрест простирания золоторудных сульфидно-кварцевых прожилковых зон. Всего отобрано 1028 бороздовых проб общей протяженностью 565,4 м. Пробирный анализ с последующим определением Au методом атомно-абсорбционной спектрометрии (код методики – Au 4) выполнен для всех 2338 керновых и бороздовых проб. По данной методике нижняя грани-

ца определяемых значений содержания Au составляет 0,01 ppm. Анализ ICP-AES выполнялся методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (окислительное разложение в четырех кислотах с последующим определением 40 основных элементов, код методики – MA/ES). Анализ относится к полуколичественному, предусматривался с целью массового определения попутных и сопутствующих элементов во всех пробах. Этим методом также проанализированы все керновые и бороздовые пробы.

Для отбора крупнообъемных технологических проб 18.09.2018 г. на месторождении произведен первый пробный взрыв для разрыхления коренных скальных пород. На площади взрываемого блока (2097 м^2) по сети $3 \times 3 \text{ м}$



Рис. 3. Безрудные кварцевые линзы и прожилки. Фото П. В. Фролова

Fig. 3. Metal-free quartz lenses and veins. Photo by P. V. Frolov



Рис. 4. Секущие пегматитовые жилки с апофизами. Фото П. В. Фролова
Fig. 4. Cross-cutting pegmatite veins with apophyses. Photo by P. V. Frolov



Рис. 5. Участок Новые Пески, уступы субмеридионального простирания (рудоконтролирующее направление), вид с запада. 24.07.2018 г. Фото П. В. Фролова
Fig. 5. The Novye Peski section, ledges of the submeridional strike (ore-controlling direction), view from the west. 24.07.2018. Photo by P. V. Frolov

было пробурено 203 скважины общим объемом 1939 м при средней глубине 9,55 м. Объем взорванного блока скальных пород составил

19610 м³. При бурении взрывных скважин (шпуров) проводилось опробование извлекаемого шлама. Из шпуров отбирались три шламовые

пробы в интервалах по 3 м. Всего было отобрано 160 шламовых проб из 54 шпуров, равномерно расположенных в пределах взрываемого блока на четырех линиях. Определение содержания золота и попутных компонентов в шламовых пробах также выполнено пробирным и ИСР методами.

Аналитические исследования проводились в лаборатории ООО «Стюарт Геокемикл энд Эс-сей» (Москва).

Полезные ископаемые объекта Новые Пески

Золото

Рудная минерализация представлена несколькими ассоциациями Fe-Ti оксидных и сульфидных минералов. Наиболее ранним является магнетит-ильменитовый парагенезис в составе ильменит-гранат-кварц-амфиболовых метасоматитов, причем ильменит резко преобладает, а магнетит имеет реликтовый облик. Распространение этого рудного парагенезиса подчинено сланцеватости. Впоследствии на этот парагенезис, замещая ильменит, накладывается пирротин-халькопиритовая ассоциация (иногда со сфалеритом). Ее распределение имеет гнездово-полосчатый характер, она приурочена главным образом к ильменитовым гранобластовым агрегатам, развитым согласно общей линейной ориентировке минералов. Пирротин в значительной степени, а иногда и полностью, замещен марказитом, а далее пиритом. Наиболее поздней является пирит-арсенопиритовая ассоциация с золотом. Распределение этой ассоциации вкрапленно-гнездовое и имеет наложенный характер как на более ранние магнетит-ильменитовую и пирротин-халькопиритовую минерализации (локализуясь по «полосам» их развития), так и на силикатную часть породы. Золото представлено в трех основных позициях: 1) в виде мелких (первые микроны) включений в арсенопирите; 2) в виде более крупных (10–25 мкм) выделений, приуроченных к трещинкам катаклаза арсенопирита; 3) в виде свободных выделений в силикатной матрице породы, причем присутствуют как мелкие обособления, так и крупные (более 100 мкм) золотины. Золото является высокопробным (810–930), в крупных выделениях иногда содержит примесь меди (до 1%). Крупные золотины более высокопробные. Среднее содержание Ag – 7%. Содержание золота в сульфидизированных метасоматитах колеблется от 0,02 до десятков граммов на тонну [Кулешевич и др., 2014; Кулешевич, Тытык, 2014; Орловская, Тытык, 2020].

Ранее авторами были отобраны представительные пробы из канавы № 8 – рудной зоны и рыхлых отложений над ней (проба № 8/11203 – из коренных пород, № 8/2016 – из рыхлых отложений). Проведено минералого-технологическое изучение [Кевлич и др., 2016, 2018]. Минералогическое изучение проб проводилось с применением комплекса оптических, минералогических и обогатительных методов исследований для обеспечения технологических работ. Для определения минерального состава, выяснения особенностей распределения, типов сростков в пробе, характера раскрытия золота на предварительно измельченном материале до 0,5 мм, усредненном, классифицированном и фракционированном по плотности и магнитным свойствам, использовали оптическую микроскопию. Минеральный состав проб представлен в табл. 1. Отработана схема обогащения руд (рис. 6). Золото в руде месторождения Новые Пески в основном находится в сростании с арсенопиритом. Золотоносная руда является труднообогатимой. В лабораторных условиях Института геологии КарНЦ РАН разработана технология, включающая комплекс методов обогащения на концентратном столе, магнитную и электрическую сепарацию, что позволило получить концентраты золота [Кевлич и др., 2018]. Полученные при обогащении концентраты арсенопирита в перспективе можно использовать для получения мышьяка. Золото возможно извлекать также из рыхлых отложений (вскрыши) непосредственно над рудной зоной.

Формирование оруденения является полистадийным. В сдвиговых зонах сначала образуются ильменит-гранат-кварц-амфиболовые метасоматиты и формируется халькопирит-пирротинный парагенезис. Позже ильменит замещается сульфидами, и происходит дальнейшая сульфидизация пирротина с образованием пирита. В условиях затухания в сдвиговой зоне деформаций происходит отложение пирит-арсенопиритового парагенезиса, в ходе которого золото укрупняется и высвобождается из сульфидов, переходя в силикатную часть породы. Таким образом, локализация Au-S-As-оруденения в зоне ССВ-деформации (шир-зоне), характер окolorудных изменений, ассоциация арсенопирита с леллингитом и сульфидами (пирит, пирротин) позволяют отнести рудопроявление Новые Пески к гипо-мезотермальному золото-арсенопиритовому типу (T = 500–350 °C) в породах амфиболитовой фации, сформировавшемся после пика метаморфизма на позднеархейской коллизионной стадии развития территории [Кулешевич и др.,

Таблица 1. Результаты минералогического анализа проб К-8/11203, К-8/2016 объекта Новые Пески

Table 1. Results of mineralogical analysis of samples K-8/11203, K-8/2016 of the Novye Peski object

Минерал Mineral	Номер пробы Sample number		Выход тяжелой фракции, % Heavy residue output, %	
	К-8/11203	К-8/2016	К-8/11203	К-8/2016
Арсенопирит Arsenopyrite	15,96	5,27	Коренные породы Primary rocks 22,18	Рыхлые отложения Loose sediments 12,64
Амфибол Amphibole	37,05	39,82		
Кварц Quartz	24,27	5,77		
Гранат Garnet	3,17	28,1		
Апатит Apatite	1,03	0,67		
Эпидот Epidote	1,53	2,59		
Циркон Zircon	-	0,14		
Сфалерит Sphalerite	-	0,04		
Магнетит Magnetite	6,84	16,6		
Ильменит Ilmenite	0,3	0,2		
Халькопирит Chalcopyrite	0,16	-		
Гидроокислы железа Iron hydroxides	0,77	0,8		
Ед. знаки Occasional	Титанит, кальцит, рутил, шеелит, циркон, пирротин, халькопирит Titanite, calcite, rutile, scheelite, zircon, pyrrhotite, chalcopyrite	Титанит, рутил, пирротин, пирит, хромит, плагиоклаз, турмалин Titanite, rutile, pyrrhotite, pyrite, chromite, plagioclase, tourmaline		

2014; Кулешевич, Тытык, 2014]. Возраст оруденения был определен по арсенопиритовым рудам Sm/Nd-методом и равен 2,6 млрд лет [Иващенко и др., 2018].

Вскрышные породы

Для комплексного освоения месторождения произведено изучение свойств вскрышных скальных пород с целью использования в качестве *строительных материалов*. Использование вскрыши повысит эффективность разработки золоторудного месторождения Новые Пески в целом, а также позволит избежать складирования в отвалы значительных объемов горной массы, что положительно скажется на экологической обстановке в районе месторождения.

Щебень. Породы скальной вскрыши месторождения Новые Пески представлены преимущественно амфиболитами по габбро. Они могут быть использованы в качестве общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ)

для производства строительных материалов, в частности щебня.

Вскрышные скальные породы карьера изучены в аккредитованной лаборатории кафедры горного дела ИЛГиСН ПетрГУ (г. Петрозаводск) по ряду параметров: петрографическая и петрохимическая характеристика горных пород, физико-технические свойства и радиоактивность сырья, качественные показатели производства щебня. Испытания физико-механических свойств скальных горных пород выполнялись в соответствии с требованиями ГОСТ 30629-99 «Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний» и ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективности естественных радионуклидов» (табл. 2). Исходные горные породы оценены в соответствии с требованиями ГОСТ 31436-2011 «Породы горные скальные для производства щебня. Технические требования и методы испытаний». Испытания физико-механических свойств гор-

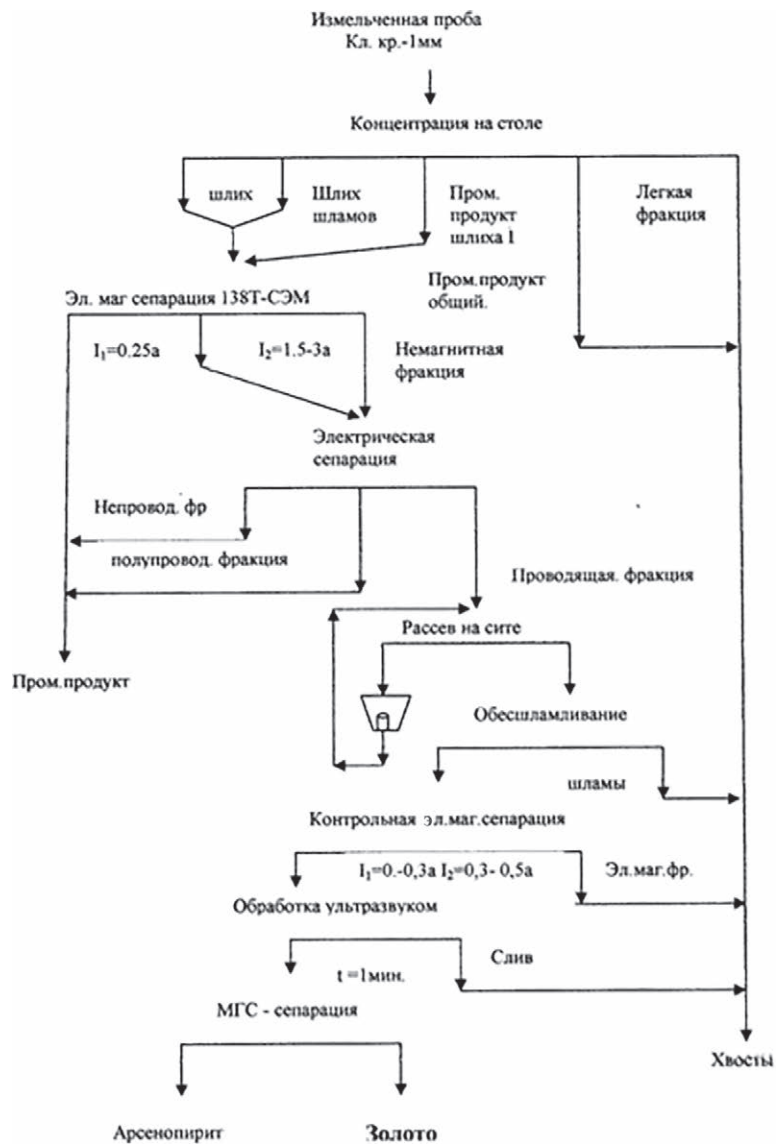


Рис. 6. Схема сепарации золотосодержащих руд месторождения Новые Пески [Кевлич и др., 2018]

Fig. 6. Scheme of separation of gold-bearing ores of the Novye Peski deposit [Kevlich et al., 2018]

ных пород и производимого из них щебня выполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. Для определения показателей качества щебня по полному циклу испытаний (фракционный и зерновой состав; содержание пылевидных и глинистых частиц; зерен лещадной формы; зерен слабых пород; дробимость; истираемость; морозостойкость; сопротивление удару на копре; истинная, средняя и насыпная плотность; водопоглощение; пористость; пустотность; устойчивость структуры против распадов; удельная электропроводность) были предоставлены пробы амфиболитов (1-П/12), кристаллослан-

цев (2-П/12) и плагиогнейсов (4-П/12) массой 120 кг каждая. Предел прочности при сжатии определялся по образцам-цилиндрам, также и средняя плотность горных пород определена на образцах-цилиндрах диаметром и высотой по 4,7 см. Истинная плотность горных пород определена путем измерения массы единицы объема измельченного высушенного материала крупностью $-0,125$ мм с использованием прибора Ле Шателье. Пробы для определения истинной плотности приготовлены путем измельчения и истирания остаточного материала после определения предела прочности на сжатие. За результат принималось сред-

Таблица 2. Физико-механические свойства скальных вскрышных пород

Table 2. Physical and mechanical properties of overburden rock

№ п/п No.	Показатели Index	Проба 1-П/12 (амфиболиты) Sample 1-П/12 (amphibolites)			Проба 2-П/12 (кристаллосланцы) Sample 2-П/12 (crystal schists)			Проба 4-П/12 (плаггиогнейсы) Sample 4-П/12 (plagiogneisses)		
		Фракция, мм Fraction, mm								
		5–10	10–20	20–40	5–10	10–20	20–40	5–10	10–20	20–40
1	Истинная плотность, г/см ³ True density, g/cm ³	3,10			3,03			2,70		
2	Средняя плотность, г/см ³ Average density, g/cm ³	3,00	2,98	3,03	2,99	2,97	3,00	2,63	2,64	2,697
3	Насыпная плотность, г/см ³ Bulk density, g/cm ³	1,423	1,415	1,4	1,426	1,408	1,417	1,243	1,4	1,33
4	Водопоглощение, % Water absorption, %	0,36	1,20	0,90	0,52	0,28	0,21	0,58	0,23	0,12
5	Пористость, % Porosity, %	3,3	3,9	2,1	1,3	2,0	1,0	2,5	2,2	1,94
6	Пустотность, % Emptiness, %	52,6	52,5	53,8	52,3	52,6	52,8	52,7	47,0	49,8
7	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, % Content of lamellar and needle-shaped grains, %	31,5	27,5	17,3	54,9	41,8	41,9	66,5	62,2	54,3
8	Содержание зерен слабых пород в щебне, % Content of grains of poor rocks in crushed stone, %	нет по	нет по	нет по	нет по	нет по	нет по	3,2	2,1	1,8
9	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % Content of dust and clay particles, %	0,2	0,09	0,06	0,1	0,04	0,03	0,2	0,08	0,1
10	Марка щебня по прочности Потеря массы, % Crushed stone grade by strength Weight loss, %	$\frac{1400}{10,4}$	$\frac{1400}{8,1}$	$\frac{1400}{10,0}$	$\frac{1400}{8,2}$	$\frac{1400}{6,3}$	$\frac{1400}{7,4}$	$\frac{1400}{8,5}$	$\frac{1400}{7,8}$	$\frac{1400}{8,1}$
11	Марка по истираемости Потеря массы, % Abrasion grade Weight loss, %	И1 19,4	И1 15,2	И1 17,7	И1 15,3	И1 12,4	И1 14,8	И1 14,7	И1 14,4	И1 12,9
12	Марка по морозостойкости Frost resistance grade	F100	F150	F150	F300	F200	F200	F50	F150	F50
13	Марка по сопротивлению удару Показатель Impact resistance mark Index	$\frac{У75}{260,4}$			$\frac{У75}{234,7}$			$\frac{У75}{250,0}$		
14	Удельная электропроводность, Ом/м $\left(\frac{\text{мин.}-\text{макс.}}{\text{средняя}}\right)$ Specific electrical conductivity, ohm/m $\left(\frac{\text{min.}-\text{max.}}{\text{average}}\right)$	$\frac{0,0230-0,0244}{0,0234}$			$\frac{0,0247-0,0256}{0,0250}$			$\frac{0,0201-2,0217}{0,0209}$		
15	Устойчивость структуры против распада, % Structural stability against decay, %	0,61	1,01	0,4	0,37	0,06	0,1	3,72	1,47	2,26

Примечание. Данные лаборатории кафедры горного дела ИЛГиСН ПетрГУ.

Note. Data from the laboratory of the Mining Department, Institute of Forestry, Mining and Construction Sciences of PetrSU.

нее значение по двум параллельным опытам. Определение удельной активности ЕРН выполнено гамма-спектрометрическим методом

на гамма-спектрометре СКС-99 «Спутник». Измерения и расчет аналитических параметров выполнены в соответствии с ГОСТ 30108-94.

В породах скальной вскрыши отсутствуют следы выветривания и вторичных изменений, зоны дробления, прослой глинистых пород. Радиационно-гигиеническая характеристика горных пород основана на измерениях удельной эффективной активности естественных радионуклидов (радия – 226, тория – 232, калия – 40). Определение удельной активности ЕРН выполнено гамма-спектрометрическим методом на гамма-спектрометре СКС-99 «Спутник». Измерения и расчет аналитических параметров проведены в соответствии с ГОСТ 30108-94.

Таким образом, почти все вскрышные скальные горные породы по физико-механическим свойствам подходят под требования ГОСТ, за исключением плагиогнейсов. Их основные свойства: истинная плотность $3,10 \text{ г/см}^3$ – проба 1-П/12 (амфиболиты); $3,03 \text{ г/см}^3$ – проба 2-П/12 (кристаллосланцы); $2,70 \text{ г/см}^3$ – проба 4-П/12 (плагиогнейсы); средняя плотность: соответствует требованиям ГОСТ; водопоглощение: $0,12\text{--}1,2\%$ – ГОСТом не нормируется; пористость: $1,0\text{--}3,9\%$ – ГОСТом не нормируется; содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы: щебень из пробы 1-П/12 (амфи-

болит) по содержанию зерен лещадной формы соответствует группам 3–4; щебень из пробы 2-П/12 (кристаллосланец) – группе 5 (кроме фр. 5–10 мм); щебень из пробы 4-П/12 (плагиогнейс) не соответствует требованиям ГОСТ 8267-93, но по согласованию с потребителем допускается выпуск щебня, содержащего свыше 50 %, но не более 65 % зерен пластинчатой (лещадной) и игольчатой формы.

Блочный камень. После взрывных работ в карьере образовалось значительное количество негабаритных глыб вмещающих пород (рис. 7). Часть глыб имеют размеры, позволяющие получить блоки до 1 м^3 и более. Гранатовые амфиболиты обладают высокими декоративными свойствами, что позволяет использовать их в качестве отделочного камня. Негабариты могут быть рекомендованы для изготовления продукции различного назначения – ритуального камня, дорожных плиток, поребриков и т. п. Однако в настоящее время вопрос получения блочного камня в карьере не рассматривается, так как при добыче основного полезного ископаемого (рудное золото) для разрыхления скальных пород планируется



Рис. 7. Карьер Новые Пески после взрыва. 25.02.2020. Глыбы, негабарит. Фото В. М. Тытыка
Fig. 7. The Novye Peski quarry after the explosion. 25.02.2020. Blocks, oversized. Photo by V. M. Tytyk

применять массовые взрывы, что исключает возможность извлечения кондиционного блочного сырья.

Редкоземельные и редкометалльные пегматиты

Наиболее поздними образованиями на объекте являются пегматиты, образующие мелкие жильные и дайкообразные тела. Заметное количество их фиксируется в южной части участка в канавах в железнодорожной выемке, южнее железной дороги, а также в скважинах. Пегматиты секут все типы пород, в том числе амфиболиты. Скважинами были вскрыты жилы олигоклазовых и микроклиновых пегматитов мощностью 1–5, иногда до 15–30 м. В контуре карьера отмечены маломощные жилки (первые десятки сантиметров, до метра) неправильной формы кварц-альбитовых пегматитов – альбититов (см. рис. 4), по полученным нами предварительным данным, несущие редкометалльную и редкоземельную минерализацию (цирконий, ниобий, гафний, церий и др.). Пегматиты Улялегского рудного поля сосредоточены на небольшой площади между железной дорогой с ж/д станцией Новые Пески и р. Шуйей, впадающей в Шотозеро [Минерально-сырьевая..., 2006]. Альбититы, вскрытые в карьере, представляют, очевидно, метасоматиты жильной фазы улялегских гранитов рапакиви.

Магнезиальное сырье

Расположенная к западу от Улялегской соседняя Хаутаваарская зеленокаменная структура перспективна на магнезиальное сырье – в частности, в пределах лицензируемой ООО «Онего-Золото» площади имеет место проявление тальковых руд Игнайла (Коруд-Ярви) [Фурман, 1995; Фролов, 2003], находящееся в 18 км к северо-западу от месторождения Новые Пески. Проявление расположено в северной части Хаутаваарской структуры Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Оно приурочено к висячему боку небольшого субвулканического тела ультраосновных пород, залегающего среди дацитовых и риолитовых порфиритов (рис. 8). Ресурсы тальковых руд составляют 15,2 млн т (P_1).

Таким образом, породные комплексы архейских зеленокаменных поясов, вмещающие золотоносное оруденение, могут включать объекты магнезиального сырья, что расширяет перспективы рудного района.

Заключение

На примере золоторудного месторождения Новые Пески Улялегского рудного поля рассмотрен вариант комплексного использования полезных компонентов при отработке руд. Главное и оцененное полезное ископаемое месторож-

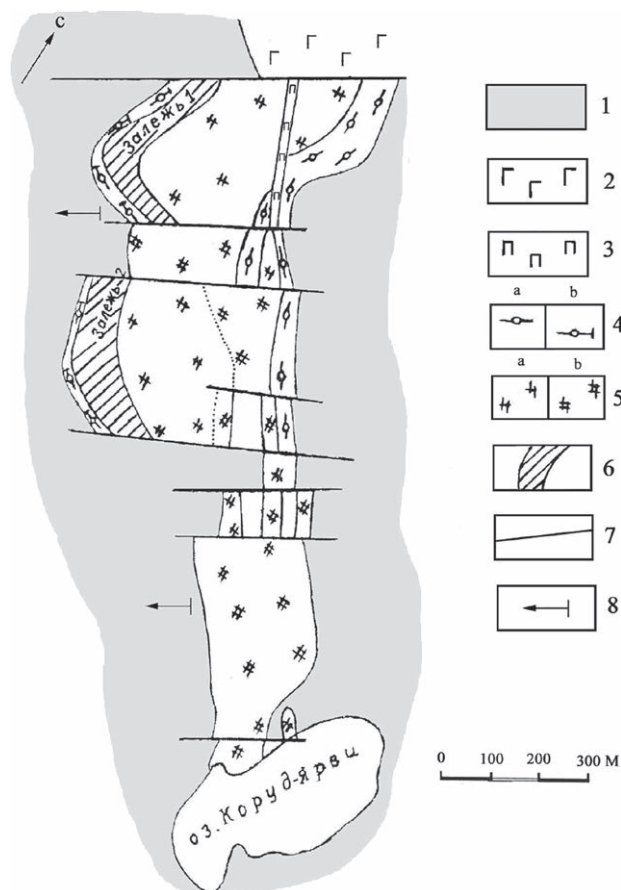


Рис. 8. Схематическое геологическое строение участка проявления тальковых руд Игнайла [по: Фурман, 1995]:

1 – вулканогенные образования каляярвинской свиты (AR_2kl): дацитовые метапорфириты, метадациты, риолитовые порфириты, кварцевые порфиры, сланцы по кислым эффузивам; 2 – габбро; 3 – метапироксениты; 4 – сланцы: хлорит-тремолитовые (а), тальк-хлорит-амфиболовые (b); 5 – серпентиниты апоперидотитовые: антигоритовые, оталькованные и карбонатизированные (а), антигорит-лизардитовые (b); 6 – залежи тальковых руд (в контуре оценки ресурсов P_1); 7 – разломы; 8 – направление падения ультраосновного массива

Fig. 8. Schematic geological structure of the Ignoyala talc ore occurrence site [according to: Furman, 1995]:

1 – volcanogenic formations of the Kalayarva formation (AR_2kl): dacite metaporphyrites, metadacites, rhyolite porphyrites, quartz porphyry, shales by acid effusions; 2 – gabbro; 3 – metapyroxenites; 4 – shales: chlorite-tremolite (a), talc-chlorite-amphibole (b); 5 – apoperidotite serpentinites: antigorite, calcined and carbonated (a), antigorite-lizardite (b); 6 – talc ore deposits (in the resource assessment contour P_1); 7 – faults; 8 – the direction of fall of the ultrabasic massif

дения – золото, попутное – мышьяк (арсенипит). Породы скальной вскрыши месторождения, представленные преимущественно амфиболитами, могут быть использованы в качестве общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) для производства строительных материалов, в частности, для производства щебня, пригодного для строительства дорог. Пегматитовые породы, вскрытые в карьере, потенциально несут редкометалльную и редкоземельную минерализацию. Породные комплексы архейских зеленокаменных поясов, вмещающие золотоносное оруденение, могут быть перспективными и на магнезиальное сырье.

Работа выполнена при финансовой поддержке темы НИР 210 ИГ КарНЦ РАН 121040600173-1.

Литература

Ведешкин-Рябов Д. Г., Ким О. В., Музыка М. И. и др. Геологический отчет, ТЭД, ТЭО, ТЭС / ООО «КМК-РУ». 2012. 251 с. Карельский ТФГИ.

Ведешкин-Рябов Д. Г., Тытык В. М., Ким О. В. и др. Геологический отчет, ТЭД, ТЭО, ТЭС / ООО «КМК-РУ». 2011. 282 с. Карельский ТФГИ.

Вижко А. С. Поиски золота по вторичным литохимическим ореолам рассеивания на перспективных участках Хаутаваарской площади, Карелия // Золото Фенноскандинавского щита: Матер. междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 26–27.

Глебовицкий В. А. Проблемы эволюции метаморфических процессов в подвижных областях. Л.: Наука, 1973. 127 с.

Иващенко В. И., Бушмин С. А., Ручьев А. М., Корнаков А. С., Богомолов Е. С., Савва Е. В., Иванов М. В., Тытык В. М., Фролов П. В. Первое свидетельство архейского возраста орогенного золота в российской части Карельского кратона (Фенноскандинавский щит): минеральная Sm-Nd-изохрона для золоторудных метасоматитов месторождения Новые Пески // ДАН. 2018. Т. 480, № 6. С. 703–708.

Иващенко В. И., Голубев А. И. Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. Петрозаводск, 2011. 369 с.

Кевлич В. И., Тытык В. М., Фролов П. В., Кервинен А. В., Мاستрюкова С. Р. Морфоструктурные характеристики распределения золота при прогнозной минералого-технологической оценке руд месторождения Новые Пески (Южная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 18. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С. 65–70.

Кевлич В. И., Фролов П. В., Тытык В. М., Кервинен А. В., Мастрюкова С. Р. Геолого-минералогическая и технологическая предварительная оценка

и технологическая предварительная оценка золотоносных рыхлых отложений золоторудного месторождения Новые Пески (Южная Карелия) // Роль технологической минералогии в рациональном недропользовании. М.: ВИМС, 2018.

Коршунова В. А., Чарыкова Ч. М. Металлоорганические формы золота и элементов-спутников в подзолистых почвах на территории золотого месторождения Новые Пески (Южная Карелия) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2018. С. 22–35.

Кулешевич Л. В., Тытык В. М. Метаморфогенно-метасоматические преобразования и Au-S-As минерализация месторождения Новые Пески (Южная Карелия) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 17. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. С. 59–73.

Кулешевич Л. В., Тытык В. М., Компанченко А. А. Au-S-As минерализация месторождения Новые Пески в докембрии Карелии // Руды и металлы. 2014. № 5. С. 37–45.

Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Кн. 2 / Под ред. В. П. Михайлова, В. Н. Аминова. Петрозаводск: Карелия, 2006. 356 с.

Орловская В. А., Тытык В. М. Дополнение к Технико-экономическому обоснованию временных разведочных кондиций на месторождении рудного золота Новые Пески (по состоянию на 01.01.2013 г.). Технико-экономическое обоснование временных разведочных кондиций и подсчет запасов вскрышных скальных пород месторождения Новые Пески / ООО «Онего-Золото». Петрозаводск, 2020. Карельский ТФГИ.

Рыбаков С. И. Метаморфизм осадочно-вулканогенных формаций раннего докембрия Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1980. 135 с.

Сиваев В. В., Горошко А. Ф., Магницкая Т. Э. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Улягского массива гранитов рапакиви и его обрамления. Отчет о результатах геологической съемки масштаба 1:50 000 и среднемасштабного глубинного геологического картирования, проведенных Ведлозерской партией в 1983–88 гг. в Южной Карелии / КГЭ. Петрозаводск, 1988. Карельский ТФГИ.

Фролов П. В. Тальк Карелии. Размещение проявлений, некоторые особенности геологии и минералогии залежей промышленных типов руд // Геолого-технологические исследования промышленных минералов Фенноскандии. Петрозаводск, 2003. С. 38–51.

Фурман В. Н. Отчет о результатах поисков тальковых руд и тальк-хлоритового камня в Республике Карелия в 1990–1994 гг. / КГЭ. Петрозаводск, 1995. Карельский ТФГИ.

Поступила в редакцию 30.09.2021

References

Frolov P. V. Tal'k Karelii. Razmeshchenie proyavlenii, nekotorye osobennosti geologii i mineragenii zalezhei promyshlennykh tipov rud [Karelian talc. Occurrences location, some geological features and minerageny

of industrial types of ores deposits]. *Geologo-tekhnol. issled. industrial'nykh mineralov Fennoskandii* [Geol. and technol. research of industrial minerals in Fennoscandia]. Petrozavodsk, 2003. P. 38–51.

Furman V. N. Otchet o rezul'tatakh poiskov tal'kovykh rud i tal'k-khloritovogo kamnya v Respublike Kareliya v 1990–1994 gg. [Report on the results of prospecting for talc ores and talc-chlorite stone in the Republic of Karelia in 1990–1994]. KGE [KGE]. Petrozavodsk, 1995. Karel'skii TFGI [Karelian Local Fund of Geological Information].

Glebovitskii V. A. Problemy evolyutsii metamorficheskikh protsessov v podviznykh oblastyakh [Problems of the metamorphic processes evolution in mobile regions]. Leningrad: Nauka, 1973. 127 p.

Ivashchenko V. I., Bushmin S. A., Ruch'ev A. M., Kornakov A. S., Bogomolov E. S., Savva E. V., Ivanov M. V., Tytyk V. M., Frolov P. V. Pervoe svidetel'stvo arkhaiskogo vozrasta orogennogo zolota v rossiiskoi chasti Karel'skogo kratona (Fennoskandinavskii shchit): mineral'naya Sm-Nd-izokhrona dlya zolotorudnykh metasomatitov mestorozhdeniya Novye Peski [First evidence of the Archean age of orogenic gold of the Russian part of the Karelian Craton (Fennoscandian Shield): Sm-Nd mineral isochron for gold-bearing metasomatites of the Novye Peski deposit]. DAN [Dokl. Earth Sci.]. 2018. Vol. 480, no. 6. P. 703–708.

Ivashchenko V. I., Golubev A. I. Zoloto i platina Karelii: formatsionno-geneticheskie tipy orudneniya i perspektivy [Gold and platinum in Karelia: formation-genetic types of mineralization and prospects]. Petrozavodsk, 2011. 369 p.

Kevlich V. I., Tytyk V. M., Frolov P. V., Kervinen A. V., Mastryukova S. R. Morfostrukturnye kharakteristiki raspredeleniya zolota pri prognoznnoi mineralogo-tekhnologicheskoi otsenke rud mestorozhdeniya Novye Peski (Yuzhnaya Kareliya) [Morphostructural characteristics of gold distribution in the predicted mineralogical and technological assessment of ores of the Novye Peski deposit (South Karelia)]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Mineral Resources of Karelia]. Iss. 18. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. P. 65–70.

Kevlich V. I., Frolov P. V., Tytyk V. M., Kervinen A. V., Mastryukova S. R. Geologo-mineralogicheskaya i tekhnologicheskaya predvaritel'naya otsenka zolotonosnykh rykhlykh otlozhenii zolotorudnogo mestorozhdeniya Novye Peski (Yuzhnaya Kareliya) [Preliminary geological, mineralogical and technological assessment of loose gold-bearing deposits of the Novye Peski gold deposit (South Karelia)]. *Rol' tekhnol. mineral. v ratsional'nom nedropol'zovanii* [Role of technol. mineralogy in rational subsoil use]. Moscow: VIMS, 2018.

Korshunova V. A., Charykova Ch. M. Metalloorganicheskie formy zolota i elementov-sputnikov v podzolistykh pochvakh na territorii zolotogo mestorozhdeniya Novye Peski (Yuzhnaya Kareliya) [Organometallic forms of gold and satellite elements in podzolic soils on the territory of the Novye Peski gold deposit (South Karelia)]. *Vestnik SPbGU. Nauki o Zemle* [Vestnik St. Petersburg Univ. Earth Sci.]. 2018. P. 22–35.

Kuleshevich L. V., Tytyk V. M. Metamorfogenno-metasomaticheskie preobrazovaniya i Au-S-As mineralizatsiya mestorozhdeniya Novye Peski (Yuzhnaya Kareliya) [Metamorphogenic-metasomatic transformations and Au-S-As mineralization of the Novye Peski deposit (South Karelia)]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Mineral Resources of Karelia]. Iss. 17. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2014. P. 59–73.

Kuleshevich L. V., Tytyk V. M., Kompanchenko A. A. Au-S-As mineralizatsiya mestorozhdeniya Novye Peski v dokembrii Karelii [Au-S-As mineralization of the Novye Peski deposit in the Precambrian in Karelia]. *Rudy i metally* [Ores and Metals]. 2014. No. 5. P. 37–45.

Mineral'no-syr'evaya baza Respubliki Kareliya [Mineral resources base of the Republic of Karelia]. Vol. 2. Ed. V. P. Mikhailova, V. N. Aminova. Petrozavodsk: Kareliya, 2006. 356 p.

Orlovskaya V. A., Tytyk V. M. Dopolnenie k Tekhniko-ekonomicheskomu obosnovaniyu vremennykh razvedochnykh konditsii na mestorozhdenii rudnogo zolota Novye Peski (po sostoyaniyu na 01.01.2013 g.). Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie vremennykh razvedochnykh konditsii i podschet zapasov vskryshnykh skal'nykh porod mestorozhdeniya Novye Peski [Supplement to the Feasibility study of temporary exploration conditions at the Novye Peski ore gold deposit (as of 01.01.2013). Feasibility study of temporary exploration conditions and calculation of overburden rock reserves of the Novye Peski deposit]. OOO Onego-Zoloto. Petrozavodsk, 2020. Karel'skii TFGI [Karelian Local Fund of Geological Information].

Rybakov S. I. Metamorfizm osadochno-vulkanogennykh formatsii rannego dokembriya Karelii [Metamorphism of sedimentary-volcanogenic formations of the Early Precambrian in Karelia]. Petrozavodsk: Kareliya, 1980. 135 p.

Sivaev V. V., Goroshko A. F., Magnitskaya T. E. et al. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Ulyalegskogo massiva granitov rapakivi i ego obramleniya. Otchet o rezul'tatakh geologicheskoi s'emki masshtaba 1:50000 i srednemasshtabnogo glubinnoogo geologicheskogo kartirovaniya, provedennykh Vedlozerskoi partiei v 1983–88 gg. v Yuzhnoi Karelii [Geological structure and minerals of the Ulyaleg massif of rapakivi granites and its framing. The report on the results of geological surveys at a scale of 1: 50,000 and medium-scale deep geological mapping carried out by the Vedlozero crew in 1983–88 in South Karelia]. KGE [KGE]. Petrozavodsk, 1988. Karel'skii TFGI [Karelian Local Fund of Geological Information].

Vedeshkin-Ryabov D. G., Kim O. V., Muzyka M. I. et al. Geologicheskii otchet, TED, TEO, TES [Geological report, feasibility report, PFS, TOS]. OOO KMK-RU. 2012. 251 p. Karel'skii TFGI [Karelian Local Fund of Geological Information].

Vedeshkin-Ryabov D. G., Tytyk V. M., Kim O. V. et al. Geologicheskii otchet, TED, TEO, TES [Geological report, feasibility report, PFS, TOS]. OOO KMK-RU. 2011. 282 p. Karel'skii TFGI [Karelian Local Fund of Geological Information].

Vikhko A. S. Poiski zolota po vtorichnym litokhimicheskim oreolam rasseivaniya na perspektivnykh uchastkakh Khautavaarskoi ploschadi, Kareliya [Prospecting for gold by secondary lithochemical dispersion halos in promising areas of the Hautavaara area, Karelia]. *Zoloto Fennoskandinavskogo shchita: Mater. mezhdunar. konf.* [Gold of the Fennoscandian Shield: Proceed. int. conf.]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013. P. 26–27.

Поступила в редакцию 30.09.2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Фролов Петр Владимирович

научный сотрудник
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: pv.frolov@yandex.ru
тел.: +79218004150

Тытык Владимир Михайлович

главный геолог
ООО «Онего-Золото»
ул. Фридриха Энгельса, 10, оф. 507, Республика Карелия,
Россия, 185035
эл. почта: tytyk.vladimir@yandex.ru
тел.: +79214651477

Кевлич Владимир Иванович

научный сотрудник, к. т. н.
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: tkakevla@mail.ru
тел.: +79114257386

Микулин Глеб Александрович

старший геолог
ООО «Онего-Золото»
ул. Фридриха Энгельса, 10, оф. 507, Республика Карелия,
Россия, 185035
эл. почта: g.mikulin@yandex.ru
тел.: (8142) 594477

Савицкий Александр Ильич

ведущий физик
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910

CONTRIBUTORS:

Frolov, Pyotr

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: pv.frolov@yandex.ru
tel.: +79218004150

Tytyk, Vladimir

Onego-Gold LLC
10 Friedrich Engels St., office 507, 185035 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: tytyk.vladimir@yandex.ru
tel.: +79214651477

Kevlich, Vladimir

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: tkakevla@mail.ru
tel.: +79114257386

Mikulin, Gleb

Onego-Gold LLC
10 Friedrich Engels St., office 507, 185035 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: g.mikulin@yandex.ru
tel.: (8142) 594477

Savitskii, Alexander

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia