

6. Shishelova T. I., Zhitov V. G. Modern condition of the mica sphere. Problems and prospects. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2018. № 3. С. 133–139.
7. Rother R. Fillers for Polymer Applications. *Polymers and Polymeric Composites : A Reference Series*. Cham : Springer International Publishing, 2017. 489 p.
8. Shanming Ke, Chang Chen, Nianqing Fu, Hua Zhou, Mao Ye et al. Transparent Indium Tin Oxide Electrodes on Muscovite Mica for High-Temperature-Processed Flexible Optoelectronic Devices. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2016. Vol. 8(42). pp. 28406–28411.
9. Statistical Summary. U.S. Geological Survey, 2018. Available at: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/statistical_summary (accessed: 09.12.2018).
10. Metals and minerals production 2016–2017. Available at: <http://en.gtk.fi/information/services/mineralproduction/finmipr1117.html> (accessed: 09.12.2018).
11. Russian Federation State Balance of Mineral Reserves as of January 1, 2018. Issue 55. Sheet Muscovite. Moscow : Rosgeofond, 2018.
12. Russian Federation State Balance of Mineral Reserves as of January 1, 2018. Issue 56. Fine-Grained Muscovite. Moscow : Rosgeofond, 2018.
13. Mikhailov V. P., Aminov V. N. (Eds.). Mineral and raw material base of the Republic Karelia. Petrozavodsk : Kareliya, 2006. Book 2: Non-metallic mineral resources. Underground waters and medical muds. 356 p.
14. Skamnitskaya L. S., Danilevskaya L. A., Bubnova T. P., Shchiptsov V. V. New approaches to integrated mining technologies for fine muscovite production (in terms of East Khizovaara deposit). *Modern Technological Mineralogy Techniques in Integrated Advanced Mineral Processing : Plaksin's Lectures 2012 International Conference Proceedings*. Petrozavodsk : KarNTs RAN, 2012. pp. 276–279.
15. Danilevskaya L. A., Skamnitskaya L. S. Muscovite metasomatites of the Vostochnaya Hizovaara deposit as an unconventional source of quartz raw material. *Razvedka i okhrana nedr*. 2012. No. 6. pp. 60–65.
16. Skamnitskaya L. S., Shchiptsova E. V. Georesource potential of mining waste in terms of mica pegmatite dumps in North Karelia. *Industrial Minerals – Prediction, Prospecting and Appraisal Problems and Innovative Mining Technologies: International Conference Proceedings*. Kazan, 2015. pp. 190–194.
17. Skamnitskaya L. S., Bubnova T. P., Chertov A. N., Gorbunova E. V. Technological aspects of the utilization of Karelian artificial micaceous pegmatite dumps. *Proceedings of the 14th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference and Expo 2014*. Albena, 2014. Book 1, Vol. 3. pp. 957–964.
18. Russia's Trade: Mica including splitting; and mica waste. Available at: <http://ru-stat.com/date-M201709-201809/RU/trade/world/052525> (accessed: 10.12.2018).
19. Slyuda Factory. Available at: <http://www.sluda-nn.ru/o-fabrike.htm> (accessed: 10.12.2018).
20. Malyshevka Mine Management products. Available at: <http://oao-mpy.pf/produksiya.html> (accessed: 10.12.2018).

УДК 552.54(470.22)

КАРБОНАТНОЕ СЫРЬЕ КАРЕЛИИ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**П. В. МЕДВЕДЕВ,**

старший научный сотрудник, канд. геол.-минерал. наук

**Н. И. КОНДРАШОВА,**научный сотрудник, канд. геол.-минерал. наук,
kondr@krc.karelia.ru

Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

Введение

В структуре экономики Республики Карелия основными видами продукции горнопромышленного комплекса являются: железорудный окатыш, строительный щебень, камнелитейное сырье, продукция из шунгита и шунгитсодержащих пород, а также блочный камень. Если с начала XVIII в. для добычи блочного камня на территории Карелии использовали преимущественно мрамор, то в настоящее время – это магматические породы разного состава, а также кварциты и кварцитопесчаники.

На сегодняшний день в кадастре республики указано 40 месторождений и рудопроявлений карбонатного сырья [1]. Из них только два объекта связаны с магматическими телами карбонатитов, все остальные относятся к осадочным и осадочно-метаморфическим образованиям палеопротерозоя.

Представлен краткий обзор обеспеченности Карелии карбонатным сырьем. Приведены сведения из истории использования карельского декоративного камня (мрамора). Помимо традиционного применения, предложено изучить возможность использования карельских карбонатов для очистки вод от тяжелых металлов.

Ключевые слова: продукция горнопромышленного комплекса, карбонатное сырье, стратиграфическая позиция продуктивных толщ, месторождение известняка, месторождения доломитов, карельский мрамор, многоцелевое использование карбонатов.

DOI: 10.17580/gzh.2019.03.05

Стратиграфически осадочные карбонаты приурочены преимущественно к отложениям ятулийского и людиковийского надгоризонтов нижнепротерозойской (карельской) зонотемы (табл. 1). Ятулийский надгоризонт подразделяется на онежский и сегозерский горизонты [2]. Если сегозерский горизонт – это кварцитопесчаниковая толща с силлами и лавовыми покровами основных пород, то онежский горизонт представлен преимущественно терригенно-карбонатной толщей. Людиковийский надгоризонт подразделяется на заонежский и суйсарский (преобладают магматические породы) горизонты. Заонежский горизонт делится на два подгоризонта: нижний – существенно карбонатный и верхний – преимущественно терригенно-карбонатный, с обогащением пород шунгитовым веществом. В Северном Приладожье в составе людиковийского надгоризонта выделяют сортавальскую (существенно вулканогенную) и ладожскую (турбидитовую) серии. В разрезе сортавальской серии присутствуют горизонты карбонатов, часто скарнированных.

В обобщающей сводке по нерудному сырью республики [1] указывается возможное практическое использование разведанного карбонатного сырья. Это, главным образом, производство

огнеупорных материалов для металлургии и строительной извести, а также применение в процессе известкования почв. Бескварцевые разности доломитов возможно использовать для магнезиального вяжущего, офлюсования железорудных окатышей, а известняки – для производства цемента.

Действительно, карбонатное сырье подразумевает многоцелевое использование. Однако, помимо перечисленного выше, возможно применение карбонатных пород в химической промышленности, регулировании кислотности питьевой воды и при очистке сточных вод от тяжелых металлов [4, 5], что заметно повышает привлекательность карбонатов для потенциальных инвесторов. Однако это требует дополнительного изучения геохимического и минерального состава карельских карбонатов.

Обзор сырьевой базы карбонатных пород Карелии (мрамор, известняки, доломиты)

Наиболее полная сводка по месторождениям и проявлениям карбонатного сырья Карелии на настоящий день приведена в работе [1]. Позднее она была дополнена данными, появившимися при составлении Государственной геологической карты третьего поколения масштаба 1:1 000 000, лист Р-(35), 36 [6]. В настоящее время в Кадастре республики находятся 13 месторождений и 25 рудопоявления карбонатного сырья, связанных с осадочными толщами палеопротерозойского возраста.

Мрамор. Заслуженную славу Карелии принес мрамор. Его добывали в виде блочного камня еще в XVIII в., и он долгое время оставался излюбленным строительным материалом благодаря своей прочности, дешевизне и красоте (в строительном деле термин «мрамор» закрепился за породами, легко поддающимися полировке). В 1757 г. начинается разработка мрамора, получившего собственное название – «белогорский», вблизи дер. Тивдия. В 1807 г. здесь был построен завод по распиловке и шлифовке мраморов, просуществовавший до 1863 г.

На базе месторождения мрамора возникла и горная промышленность Северного Приладожья. Залежи мраморов у дер. Рускеала и на о. Июенсу, находящемся у северного побережья Ладожского озера, были известны уже в 1765 г. Первые блоки декоративного камня были отправлены в Санкт-Петербург в 1766 г. В 1767 г. в Рускеала были заложены несколько карьеров и распиловочная мельница. Помимо блочного (штучного) камня, поставлявшегося в Санкт-Петербург на строительство Исаакиевского и Казанского соборов (из рускеальского мрамора там выполнены полы), в Рускеала добывали известковый камень для выжигания высококачественной жирной извести. После окончания строительства Исаакиевского собора, наружная облицовка которого тоже была выполнена рускеальским мрамором, карельский декоративный камень стали применять все реже. В 1906 г. из белогорского мрамора была сделана облицовка и построена колоннада Этнографического музея в Санкт-Петербурге. Постепенно разработку карельских месторождений мрамора для добычи блочного камня прекратили. В Рускеале, например, с 1830 г. вели добычу карбонатного сырья только для извести. В советское время Рускеальский известково-мраморный комбинат занимался добычей и переработкой карбонатного сырья для бумажной промышленности.

Таблица 1. Расчленение нижнего протерозоя в общей стратиграфической шкале докембрия России [3]

Зонотема	Зратема	Возраст нижней границы, млн лет	Типовые стратиграфические подразделения (надгоризонты) региональной шкалы	Горизонты [2]
НИЖНЕПРОТЕРОЗОЙСКАЯ (КАРЕЛЬСКАЯ)	Верхнекарельская	1800	Вепсийский	Шокшинский Петрозаводский
		1920	Калевийский	Леппялампинский Пялъярвинский
		2100	Людиковийский	Суйсарский Заонежский Онежский
	Нижнекарельская	2300	Ятулийский	Сегозерский
		2400	Сариолийский	Селецкий Кумсинский
		2500	Сумийский	Ожярвинский
				Пайозерский

Примечание. Стратиграфическое положение карбонатных пород Карелии выделено серым цветом.

На сегодняшний день только три месторождения являются крупными и учитываются Государственным балансом. Это Белогорское, Рускеальское и Ковадъярви [1]. В настоящее время их не разрабатывают, и они отнесены к нераспределенному фонду.

Месторождение Белогорское расположено в Кондопожском районе у деревень Тивдия и Белая Гора. Мраморами сложен кряж высотой до 25 м от северного окончания оз. Хижозеро до дер. Тивдия.

Мраморы принадлежат к отложениям онежского горизонта ятулийского надгоризонта. По составу они относятся к кальцит-доломитовым, неравномерно окварцованным разновидностям. В строительстве мрамор этого месторождения носит общее название «белогорский». Он представлен двенадцатью разновидностями по рисунку и цвету от белых и светло-желтых до розовых и красных разновидностей с пятнистым, брекчиевидным и жилковатым строением. Окраска зависит от количества присутствующего в породах тонкодисперсного гематита. Белогорский мрамор хорошо полируется и обладает высокими декоративными свойствами, которые можно оценить, посетив Исаакиевский собор, Мраморный дворец, Инженерный замок и Зимний дворец в Санкт-Петербурге. Из белогорского мрамора выполнена облицовка второго и третьего этажей, а также наружные украшения Мраморного дворца. В Инженерном замке белогорский мрамор использован для облицовки центральной части фасада. Для наружной облицовки был применен белогорский мрамор и при постройке дворца Е. М. Юрьевской (Малый Мраморный дворец) в Санкт-Петербурге. В советское время белогорский мрамор использовали для отделки станции метро «Бауманская» в Москве. К сожалению, именно при добыче мрамора для украшения этой станции применяли взрывчатые вещества (динамит и аммонит), что при природной трещиноватости камня – не допустимо. В результате такой добычи массив мрамора не мог давать хороших качественных блоков, и отбитая порода превращалась в грубый щебень, что позволило строителям, безо всякого на то основания, признать карельский мрамор неудовлетворительным для архитектурных целей. Однако исторически доказанная высокая погодостойчивость белогорского

мрамора не исключает возможности его дальнейшего использования для добычи блочного камня. Для этого необходимо провести детальные исследования трещиноватости белогорских мраморов.

Рускеальское месторождение расположено в 2,5 км к юго-востоку от ж.-д. ст. Маткаселья у дер. Рускеала и приурочено к отложениям питкярантской свиты сортавальской серии (заонежский горизонт людиковия). Месторождение включает в себя два участка: Рускеала-I и Рускеала-II.

Полезная толща участка Рускеала-I представлена мраморами, залегающими в виде линзы дугообразной формы, вогнутой в юго-западном направлении. Вмещающими породами являются амфиболовые и слюдяные сланцы сортавальской серии людиковийского возраста. Месторождение приурочено к крылу Рускеальской антиклинальной структуры. Мраморы представлены кальцитовыми и доломитовыми разновидностями, по преобладанию которых полезная толща подразделяется на три пачки: нижнюю, среднюю и верхнюю общей мощностью 600 м. Минеральный состав доломитовых мраморов, %: кальцит – 36; доломит – 64–99; кварц – 0–10; тремолит – 0–10; а кальцитовых мраморов: кальцит – 80–100; доломит – 10; кварц – до 1 (редко содержание кварца увеличивается до 15–36 %). В мраморах верхней пачки встречаются включения амфибола. Мрамор пригоден для внутренней отделки помещений и настилки полов. Скол и мелочь, образующиеся при добыче блоков, используют для производства щебня в бетон и мраморной крошки. Мрамор хорошо шлифуется и полируется с образованием зеркальной поверхности различных расцветок от светло- до темно-серой. Выход блоков при добыче составлял 15,74 %. Запасы на 1.01.2014 г. по категориям А+В+С₁ оценены в количестве 14434 тыс. м³, по С₂ – 20589 тыс. м³ [1].

Участок Рускеала-II локализован на северном крыле Рускеальской антиклинали. Месторождение представляет собой линзообразное тело полосчатых мраморов длиной около 1200 м. Мощность полезной толщи достигает 200 м. Породы затронуты интенсивной микро- и макротрещиноватостью, что обуславливает их непригодность для производства блоков. Мрамор используется для производства декоративного щебня и песка. Запасы на 1.01.2014 г., подсчитанные по категориям А+В+С₁, составляют 7640 тыс. м³.

Месторождение Ковадьярви расположено к северо-западу от пос. Колатселья (Пряжинский район Карелии). Продуктивные толщи представлены здесь двумя моноклинально залегающими пластами мраморов, разделенных толщей алевролитов и вулканогенных пород соанлахтинской свиты (заонежский горизонт людиковия). Мощность западного продуктивного пласта составляет 160 м, мощность восточного пласта достигает 276 м. Мраморы по составу – кальцит-доломитовые, доломитовые. Реже встречаются чисто кальцитовые разновидности. На контакте с магматическими породами мраморы скарнированы. Встречаются слои окварцованных мраморов, а также мраморов, обогащенных углеродистым веществом. Выделяются следующие цветовые разновидности: зеленовато-серые и серовато-зеленые, серые и темно-серые, голубовато-зеленые, реже – желто-серые, черные, белые и розовые. Мраморы преимущественно тонко- и микрозернистые, присутствуют и неравномерные разновидности. Текстуры пород полосчатые, пятнистые, редко – массивные. Запасы

мраморов, подсчитанные по категориям А+В+С₁, составляют 10133 тыс. м³ [1].

Следует обратить внимание на то, что толщи мраморов отмечаются во многих разрезах нижнего протерозоя Карелии помимо вышеперечисленных. Они отмечены в западном крыле Святогубской синклинали (Пальеозеро). В разрезах южного берега Пялзера присутствуют выходы доломитовых мраморов. Так, толща мраморов вблизи дер. Спасская Губа в районе Мраморного Бора, по данным бурения, имеет мощность свыше 450 м. Не исключено, что выходы мраморного декоративного камня, в частности в Прионежье, могут охватывать значительные площади, так как в локальных разрезах они прослеживаются дугообразной полосой вокруг Онежского озера.

В конце обзора по мрамору можно отметить, что если использование кальцитовых мраморов Рускеалы для наружной отделки Исаакиевского собора уже через несколько десятков лет требовало проведения реставрационных работ, то белогорский мрамор без особых разрушений и выветривания просуществовал почти полтора столетия: реставрационные работы Мраморного дворца и Инженерного замка впервые были начаты в 1951 г. (через 165 лет после постройки).

Известняк. В Карелии зарегистрировано 7 месторождений известняка: Соваярвинское, Оленеостровское, Остреченское, Колодозерское [1], Медвежьегорское, Елмозерское и Палгужское [6]; получаемое из них сырье пригодно для использования в промышленных целях. На сегодняшний день на территории Карелии не выявлены месторождения и проявления облицовочного известняка. В отдельных разрезах ятулийского надгоризонта присутствуют толщи известняков, которые предлагается использовать для производства флюсов, строительной извести и для известкования почв.

Известняки, применяемые в качестве флюса для доменного и конвертерного производства, в Карелии встречаются редко. Здесь можно отметить одно крупное Медвежьегорское и два малых – Елмозерское и Палгужское месторождения [6]. Продукция с *Медвежьегорского месторождения* поставляется на Череповецкий металлургический комбинат, поэтому на сегодняшний день только оно имеет промышленное значение.

Елмозерское месторождение приурочено к Сегозерско-Елмозерской синклинали, ее восточному крылу. Месторождение было разведано Н. И. Рябовым еще до Великой Отечественной войны. Карбонатные породы здесь завершают разрез ятулийского надгоризонта. На месторождении присутствуют выходы двух пластов карбонатных пород, разделенных толщей кварцитопесчаников. Юго-западный пласт (верхний) имеет мощность порядка 120 м, северо-восточный (нижний) – около 25 м. Преобладающими карбонатными породами здесь являются известняки. Наряду с чистыми известняками присутствуют окварцованные разности (присутствует до 30 % кварца), встречаются доломиты в виде прослоев мощностью до 2 м.

В Северной Карелии встречаются чистые известняки с содержанием СаО в пределах 48–54 % (среднее – 53,54 %) и MgO – от 0,5 до 2,5 % (среднее – 1,2 %), SiO₂ – до 1,5 % у оз. Соваярви (*месторождение Соваярвинское*, известняки которого пригодны для производства цемента).

На юго-востоке Карелии в Пудожском районе находится *месторождение Колодозерское*. Это единственное месторождение на территории республики, сложенное известняками палеозойского каменноугольного возраста. Известняки пригодны для производства строительной извести. Запасы категорий А+В+С₁ составляют 32 тыс. м³ [1].

Доломиты. Большая часть карбонатного сырья Карелии представлена доломитами. Они слагают продуктивные толщи в 9 из 13 месторождений карбонатного сырья, приведенных в Кадастре республики. На карте, составленной коллективом ВСЕГЕИ [6], показаны три месторождения, из которых на Государственном балансе числится только *Райгубско-Пяозерское месторождение*. Его запасы, подсчитанные по категориям А+В+С₁, на 1.01.2014 г. составляют 12848 тыс. м³.

В Северной Карелии доломиты встречаются в области озер Панаярви, Кукасозера (*месторождение Кукасозерское*), Vuoriyarvi. В разрезах района оз. Кукас встречаются также доломитовые известняки. Содержания MgO в них могут достигать до 13,98 %.

Чирко-Кемское месторождение приурочено к одноименной синклинали северо-западного простирания. Синклиналь представляет собой опрокинутую на северо-восток складку с крутыми углами падения на крыльях. Карбонатные породы нижнеонежского подгоризонта ятулия залегают в ядре складки. Они находятся выше толщ алевролитов и сланцев сегозерского горизонта. Карбонатные породы встречаются на трех участках (**рис. 1**). Разрез участка Ланец месторождения представлен горизонтом доломитов с подчиненными по объему известняками, встречающимися в виде отдельных тел в доломитовой толще (**табл. 2**). Мощность карбонатных пород здесь составляет порядка 160 м.

Доломиты в этом месторождении мелкозернистые, сероватых и желтоватых оттенков. Состоят из кристаллов доломита, кварца (до 13–15 %), иногда встречается халцедон (до 2 %), листочки мусковита. Кристаллы кальцита редки. Присутствующие в разрезе известняки по текстуре отличаются от доломитов, они большей частью крупнозернистые, массивные. В их минеральном составе преобладает кальцит, присутствует кварц, содержание которого может достигать до 17 %. В известняках отмечены единичные кристаллы доломита, мусковита. Прогнозные ресурсы сырья категории P₁+P₂ по трем участкам составляют 16927 тыс. т. [1].

Максимальная мощность карбонатных пород отмечена в Онежской структуре. Именно здесь расположено крупнейшее в Карелии *Пяозерское месторождение* доломитов, приуроченное к южной части одноименной синклинали (**рис. 2, а**). Стратиграфически карбонатные породы приурочены к онежскому горизонту ятулия, разделенному на два подгоризонта: нижний и верхний (см. рис. 2, б). Наблюдаются изоклинали складки с размахом крыльев до 800 м и крутыми углами падения слоев (45–90°), которые выполаживаются в южном направлении. Непосредственно на месторождении породы смяты в пологие складки. Доломиты во многих местах выходят на земную поверхность, в остальном мощность вскрыши составляет первые метры. В верхнеонежском подгоризонте выделяется «продуктивный» пласт бескварцевых доломитов мощностью около 20 м (**табл. 3**), прослеженный в пределах всего Северо-Онежского синклинория [7].



Рис. 1. Выходы пластов доломита на участке Ланец Чирко-Кемского месторождения

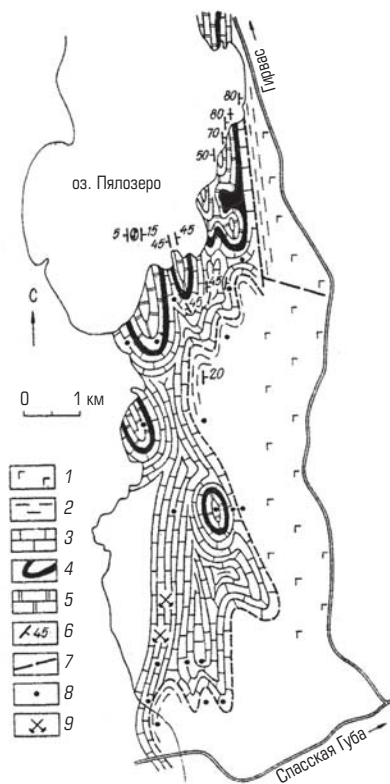
Таблица 2. Химический состав карбонатных пород на участке Ланец Чирко-Кемского месторождения, %

Компонент	Номер пробы					
	2465	2466	2468	2470	2475	2479
SiO ₂	6,44	3,44	0,66	6,78	3,24	1,68
TiO ₂	0,05	0,04	0,03	0,06	0,07	0,03
Al ₂ O ₃	1,49	0,96	0,43	1,98	1,56	0,45
Fe ₂ O ₃	0,34	0,34	0,26	0,40	0,61	0,22
FeO	–	–	–	–	–	–
MnO	0,032	0,040	0,074	0,036	0,031	0,030
MgO	20,93	4,68	22,59	20,77	5,94	4,23
CaO	28,84	48,90	30,38	27,94	47,10	50,56
Na ₂ O	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04
K ₂ O	0,39	0,30	0,23	0,44	0,23	0,56
H ₂ O	0,10	0,10	0,05	0,11	0,15	0,05
П.п.п.	41,58	41,35	45,42	41,85	41,45	42,52
Итого	100,23	100,18	100,13	100,38	100,40	100,37

Примечание: Анализы выполнены в Институте геологии КарНЦ РАН, аналитики Г. К. Пунка и В. Л. Утицына.

Доломиты Пяозерского месторождения до середины XX в. обрабатывались местным Промкомбинатом для получения извести путем обжига в напольных печах. Следы старых разработок и напольные печи сохранились до настоящего времени.

Геологическими исследованиями была установлена возможность комплексного использования доломитов месторождения для производства известковой муки, конвертерных огнеупоров и офлюсования окатышей железных руд, а также для изготовления доломитовой муки, мраморной крошки и строительной извести. По данным поисковых, разведочных и оценочных работ под руководством Р. Х. Мутыгуллина в 1988 г. и Г. В. Фадеева



Надгоризонт	Горизонт	Подгоризонт	Толща	Слой с Lithophyta	Литологическая колонка	Мощность, м	Горные породы	
Людиковый		sn				> 10	Алевролиты сероцветные	
Ятулий	Верхний (оп ₂)			оп ₂ ^б		9	Доломиты глинистые	
				оп ₂ ^а		58	Доломиты с продуктивным пластом	
	Нижний (оп ₁)	A				54	Базальты	
					оп ₁ ^д		130	Доломиты песчанистые
		B			оп ₁ ^г		60	Доломиты строматолитовые
						оп ₁ ^б		42
				оп ₁ ^а		140	Доломиты брекчированные	
Сегозерский			C			20	Кварцитопесчаники	
			B			9	Базальты миндалекаменные	

Рис. 2. Схема геологического строения Пялозерского месторождения (а) и положение продуктивного пласта доломитов в стратиграфическом разрезе ятулия (б).

Обозначения в стратиграфической колонке (слева):

1 – долериты; 2 – сероцветные алевролиты людиковия; 3 – доломиты верхнеонежского подгоризонта; 4 – базальты; 5 – доломиты нижнеонежского подгоризонта; 6 – элементы залегания слоистости; 7 – разрывные нарушения; 8 – буровые скважины; 9 – места старых разработок

Таблица 3. Химический состав доломитов продуктивного пласта Пялозерского месторождения, %

Компонент	Номер пробы					
	3565	3574	3581	3690	3601	3602
SiO ₂	2,00	0,77	2,00	2,06	1,16	3,06
TiO ₂	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01
Al ₂ O ₃	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fe ₂ O ₃	0,02	0,04	0,174	0,07	0,09	0,05
FeO	0,07	0,07	0,07	0,08	0,10	0,07
MnO	0,04	0,02	0,16	0,07	0,04	0,09
MgO	21,63	21,72	21,90	21,60	21,86	21,16
CaO	30,53	30,96	30,11	30,53	30,86	29,73
Na ₂ O	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02
K ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	<0,01
H ₂ O	0,06	0,04	0,12	0,10	0,08	0,32
П.п.п.	45,23	45,87	45,41	45,49	45,93	45,03
Итого	99,59	99,50	99,95	100,10	100,15	99,53

Анализы выполнены в Институте геологии КарНЦ РАН, аналитики Г. К. Пунка и В. Л. Утицына.

в 2001 г., минеральные продукты месторождения были отнесены к металлургическим доломитам, в том числе и высших сортов. Подсчитаны запасы (300 млн т) бескварцевых доломитов как флюсующего материала для Костомукшского ГОКа.

Следует отметить, что доломиты в локальных разрезах ятулия и людиковия Карелии различаются как по химическому составу,

так и по структурно-текстурным и минералогическим особенностям. Имеются чистые доломиты, состоящие из кристаллов доломита с незначительным присутствием зерен кальцита, кварца. Встречаются также окварцованные и известковистые разновидности. В разрезах карбонатов людиковийского надгоризонта присутствуют доломиты, с примесью шунгитового/углеродистого вещества. В доломитах фиксируются также гематит, апатит, сульфаты и другие минералы. Структура доломитов, как правило, тонкоили мелкозернистая, характерно развитие сутурно-стилолитовых швов, нередко встречаются брекчиевидные текстуры.

В палеопротерозойских разрезах людиковия присутствуют шунгитсодержащие доломиты (Кялпесельское месторождение). Доломиты шунгит/углеродсодержащие могут быть использованы в качестве сырья для известкования почв.

Заключение

Несмотря на значительные объемы запасов, хорошие качественные и технологические характеристики карбонатного сырья Карелии, большинство его месторождений остаются невостребованными. К настоящему времени предлагается лишь традиционное использование карельских карбонатов, главным образом для производства огнеупорных материалов для металлургии, строительной извести и известкования почв, а бескварцевых разновидностей доломитов – для производства магнезиального вяжущего и офлюсования железорудных окатышей. Однако помимо

этого, карбонаты можно использовать в качестве химических адсорбентов при очистке сбросных вод при открытой разработке месторождений рудного сырья, при очистке карьерных вод, если

они являются источником загрязнения поверхностных водотоков [8–16]. К сожалению, исследования на подобное возможное использование карельских карбонатов не проводят.

Библиографический список

1. Минерально-сырьевая база Республики Карелия / под ред. В. П. Михайлова, В. Н. Аминова. – Петрозаводск : Карелия, 2006. Кн. 2. Неметаллические полезные ископаемые. Подземные воды и лечебные грязи. – 356 с.
2. Медведев П. В., Макарихин В. В., Рычанчик Д. В. Стратиграфия палеопротерозоя восточной части Фенноскандинавского щита: состояние, проблемы и перспективы // Геология Карелии от архая до наших дней : матер. докл. Всеросс. конф., посвященной 50-летию Института геологии КарНЦ РАН. – Петрозаводск : Институт геологии КарНЦ РАН, 2011. С. 66–70.
3. Общая стратиграфическая шкала нижнего докембрия России : объяснительная записка. – Апатиты : КНЦ РАН, 2002. – 13 с.
4. Ильин А. П., Милушкин В. М., Назаренко О. Б., Смирнова В. В. Разработка новых методов очистки воды от растворимых примесей тяжелых металлов // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 3. С. 40–44.
5. Иванец А. И. Сорбционные и каталитически активные материалы на основе природного доломита: получение, свойства, применение. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 212 с.
6. Максимов А. В., Богданов Ю. Б., Воинова О. А., Коссовая О. Л., Бахтеев А. Р. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер.: Балтийская. Лист Р-(35),36 – Петрозаводск. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 400 с.
7. Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерогения) / ред. Л. В. Глушанин, Н. В. Шаров, В. В. Щипцов. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2011. – 431 с.
8. Пальцова А. Ю. Обзор мировых запасов магнезиального сырья // Молодой ученый. 2015. № 3. С. 193–196.
9. Сафронов В. П., Зайцев Ю. В., Сафронов В. В., Панкратов А. В. Селективная система разработки известняков – перспектива расширения ассортимента продукции горного предприятия // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 7-2. С. 160–168.
10. Щипцов В. В., Фролов П. В., Ильина В. П., Попова Т. В., Климовская Е. Е. Роль технологической минералогии на современном этапе в создании новых материалов на основе магнезиальных горных пород и промышленных минералов Карелии // Технологическая минералогия в оптимизации процессов рудоподготовки и обогащения минерального сырья : сб. ст. по матер. докл. VIII Российского семинара по технологической минералогии. – Петрозаводск, 2014. С. 86–93.
11. Хан И. С., Супрун Е. В. Известняк Ждановского месторождения как строительный материал с уникальными качествами // Рациональное освоение недр. 2017. № 1. С. 70–74.
12. Liu Youcai, Lin Qingquan, Li Lifeng, Fu Jiangang, Zhu Zhongsi et al. Study on hydrometallurgical process and kinetics of manganese extraction from low-grade manganese carbonate ores // International Journal of Mining Science and Technology. 2014. Vol. 24. Iss. 4. P. 567–571.
13. Jun Yu, Yingyong Ge, Xiaolong Guo, Wenbin Guo. The depression effect and mechanism of NSFC on dolomite in the flotation of phosphate ore // Separation and Purification Technology. 2016. Vol. 161. P. 88–95.
14. Xing Liu, Yaoyang Ruan, Chengxiu Li, Renju Cheng. Effect and mechanism of phosphoric acid in the apatite/dolomite flotation system // International Journal of Mineral Processing. 2017. Vol. 167. P. 95–102.
15. Kordi M., Morad S., Turner B., Salem A. M. K. Sequence stratigraphic controls on formation of dolomite: Insights from the Carboniferous Um Bogma Formation, Sinai-Egypt // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2017. Vol. 149. P. 531–539.
16. Fang Zhou, Louxiang Wang, Zhenghe Xu, Qingxia Liu, Ruan Chi. Reactive oily bubble technology for flotation of apatite, dolomite and quartz // International Journal of Mineral Processing. 2015. Vol. 134. P. 74–81. [DOI](#)

«GORNYI ZHURNAL», 2019, № 3, pp. 25–30
DOI: 10.17580/gzh.2019.03.05

Carbonate raw materials of Karelia: History and application prospects

Information about authors

P. V. Medvedev¹, Senior Researcher, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences

N. I. Kondrashova¹, Researcher, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences, kondr@krc.karelia.ru

¹Institute of Geology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Abstract

The article gives a brief review of carbonate raw materials represented by deposits of marble, limestone and dolomite, as well as their potential application ranges in the Republic of Karelia.

The history of Karelian decorative stone (marble) is presented in short. The famous Karelian dimensions stone history started in the 18th century from development of Belogorsky and Ruskealsky marble.

The geological description of the Karelian marble, limestone and dolomite deposits discussed in the article is given. The mineralogical and chemical composition of carbonate rocks from the most promising deposits—Chirko-Kem (Lanets site) and Pyalozero—is characterized.

Aside from traditional use of carbonates for production of refractory materials for metallurgy, or lime for construction and soil liming, while quartz-free varieties of dolomite—pr production of magnesian binder and for fluxing of iron ore pellets, it is suggested to study usability of Karelian carbonates for water purification from heavy metals. This will required additional geochemical and mineral analysis of Karelian carbonates.

Keywords: Mining and processing industry products, carbonate raw materials, stratigraphic position of productive strata, limestone deposit, dolomite deposit, Karelian marble, multi-purpose use of carbonates.

References

1. Mikhailov V. P., Aminov V. N. (Eds.). Mineral and raw material base of the Republic Karelia. Petrozavodsk : Kareliya, 2006. Book 2: Non-metallic mineral resources. Underground waters and medical muds. 356 p.
2. Medvedev P. V., Makarihin V. V., Rychanchik D. V. Paleoproterozoic stratigraphy of the eastern Fennoscandian shield: state of art, problems and perspectives. *Geology of Karelia from the Archaean to the present : Proceedings of the All-Russian Conference convened to celebrate the 50th anniversary of the founding of the Institute of Geology, Karelian Research Centre, RAS*. Petrozavodsk : Institut geologii KarNTs RAN, 2011. pp. 66–70.
3. General stratigraphic scale of lower Pre-Cambrian : Explanatory note. Apatity : KNTs RAN, 2002. 13 p.
4. Ilin A. P., Milushkin V. M., Nazarenko O. B., Sмирнова V. V. The development of new methods of water purification from soluble impurities of heavy metals. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2010. Vol. 317, No. 3. pp. 40–44.

5. Ivanets A. I. Sorption and catalytic-active materials on the basis of natural dolomite: Production, properties, use. Minsk : Belaruskaya navuka, 2016. 212 p.
6. Maksimov A. V., Bogdanov Yu. B., Voinova O. A., Kossovaya O. L., Bakhteev A. R. et al. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Series: Baltic. Sheet R-(35),36 – Petrozavodsk : Explanatory note. Saint-Petersburg : VSEGEI Cartographic Factory, 2015. 400 p.
7. Glushanin L. V., Sharov N. V., Shchiptsov V. V. (Eds.). Paleoproterozoic Omega structure (geology, tectonics, deep structure and mineralogeny). Petrozavodsk : KarNTs RAN, 2011. 431 p.
8. Palgova A. Yu. Reviw of wold magnesian raw material reserves. *Molodoi uchenyi*. 2015. No. 3. pp. 193–196.
9. Safronov V. P., Zaytsev Yu. V., Safronov V. V., Pankratov A. V. Selective system of development limestones – prospect of expansion of assortment of production of the mining enterprise. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskije nauki*. 2015. No. 7-2. pp. 160–168.
10. Shchiptsov V. V., Frolov P. V., Ilina V. P., Popova T. V., Klimovskaya E. E. Rile of engineering mineralogy at the current stage of creation of new materials on the asis of magnesian rocks and economic minerals of Karelia. *Engineering Mineralofy in Ore Pretreatment and Processing Optimization : Proceedings of VIII Russian Workshop on Engineering Mineralogy*. Petrozavodsk, 2014. pp. 86–93.
11. Khan I. S., Suprun E. V. Limestone of the Zhdanovskoe deposit is the construction material with unique qualities. *Ratsionalnoe osvoenie neдр*. 2017. No. 1. pp. 70–74.
12. Liu Youcai, Lin Qingquan, Li Lifeng, Fu Jiangang, Zhu Zhongsi et al. Study on hydrometallurgical process and kinetics of manganese extraction from low-grade manganese carbonate ores. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2014. Vol. 24, Iss. 4. pp. 567–571.
13. Jun Yu, Yingyong Ge, Xiaolong Guo, Wenbin Guo. The depression effect and mechanism of NSFC on dolomite in the flotation of phosphate ore. *Separation and Purification Technology*. 2016. Vol. 161. pp. 88–95.
14. Xing Liu, Yaoyang Ruan, Chengxiu Li, Renju Cheng. Effect and mechanism of phosphoric acid in the apatite/dolomite flotation system. *International Journal of Mineral Processing*. 2017. Vol. 167. pp. 95–102.
15. Kordi M., Morad S., Turner B., Salem A. M. K. Sequence stratigraphic controls on formation of dolomite: Insights from the Carboniferous Um Bogma Formation, Sinai-Egypt. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2017. Vol. 149. pp. 531–539.
16. Fang Zhou, Louxiang Wang, Zhenghe Xu, Qingxia Liu, Ruan Chi. Reactive oily bubble technology for flotation of apatite, dolomite and quartz. *International Journal of Mineral Processing*. 2015. Vol. 134. pp. 74–81.