

ТАЛЬКОВОЕ СЫРЬЕ КАРЕЛИИ, НАПРАВЛЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ, ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОЗИЦИЯ В МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЕ РОССИИ

Фролов П. В., Ильина В. П., Завёрткин А. С., Климовская Е. Е., Савицкий А. И.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск

Благодаря своим физико-химическим свойствам и относительно невысокой цене тальк в измельченном виде используется во многих отраслях промышленности в качестве наполнителя и в некоторых других производственных процессах. Основными свойствами талька, обуславливающими его промышленное применение, являются его чешуйчатая структура, мягкость, белизна, гидрофобность, атмосферостойкость, химическая инертность, высокая температура плавления, диэлектрические и абсорбционные свойства. Степень измельчения талька (микроталька) имеет существенное значение в большинстве областей его применения. Полезным ископаемым являются тальковый «мыльный» камень благодаря его ценным для практического применения свойствам, – легкой механической обработки, оригинальных декоративных свойств и др.

На Фенноскандинавском щите сформированы собственные месторождения талькового сырья. Основные потенциальные ресурсы и запасы этого вида сырья находятся в пределах Карельского кратона, являющегося составной частью щита. Территориально Карельский кратон включает площадь от Ладожского озера до Белого моря, захватывая значительную часть Карелии, западную часть Архангельской области и восточную часть Финляндии. Добыча талька и талькового камня составляет существенную долю экономики Финляндии. Республика Карелия располагает собственной минерально-сырьевой базой талькового сырья, которую необходимо развивать, что должно внести существенный вклад в экономическое развитие Северо-Западного региона России. В настоящее время тальковая промышленность России представлена главным образом месторождениями Урала (Шабровское, Сыроостанское) и Восточной Сибири (Онотское, Алгуйское, Светлоключевское).

Краткая история изучения тальконосных комплексов

Талькособержащие породы известны с глубокой древности. Их нередко называли и называют «мыльный камень». Тальковые породы использовались для изготовления посуды и других цельноточеных изделий, поэтому получили название «горшечный камень». Кроме того, породы использовались для строительных целей в качестве стенового камня и изготовления побелки. Известно, что арабы еще в VIII веке употребляли тальк для изготовления бумаги, а древние египтяне – при изготовлении папирусов.

Расширенную характеристику минерально-сырьевой базы талькового сырья бывшего СССР дал в своих трудах И. Ф. Романович [5]. Это касается, главным образом, месторождений Урала и Сибири, а также Европейской части бывшего СССР, Закавказья, Средней Азии, Дальнего Востока. И. Ф. Романович одним из первых высказывал предположение о возможности наличия тальковых месторождений в пределах Каменноозерской структуры Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса Восточной Карелии и обращал внимание на вероятные перспективы подобных структур. Обобщающие работы по генезису талькособержащих образований, выделению типов тальковых руд, классификации месторождений талькового сырья были проведены во второй половине XX столетия также И. Ф. Романовичем. Ниже приведены *главные положения данных исследований*.

Типы руд. Тальковые руды с содержанием талька свыше 75% называются талькитами. По химическому составу среди талькитов выделяются железистые (содержание Fe_2O_3 свыше 2,75%) и маложелезистые разновидности. Тальковые руды с содержанием талька менее 75% называются по их минеральному составу (магнезит-(брейнерит)-тальковые, хлорит-тальковые, тальк-доломитовые и т. д.). Массивные разновидности тальковых пород, содержащих менее 75% талька, которые можно подвергнуть распиловке, называют тальковым кам-

нем (талек-магнезитовый (талек-брейнеритовый) и талек-хлоритовый (горшечный) камни).

Генетические типы промышленных месторождений. Эндогенные месторождения. I. Связанные с ультрамафитами (апоультрамафитовые руды железистого талек, содержание Fe_2O_3 в рудах свыше 2.75%): 1) с габбро-дунит-пироксенитовой формацией; 2) с перидотитовой формацией. II. Связанные с кальций-магний-карбонатными породами (апокарбонатные руды маложелезистого талек, содержание Fe_2O_3 в рудах до 2.75%): 1) с магнезитами; 2) с доломитами. В апоультрамафитовых месторождениях талеквые породы наследуют от исходных ультрамафитов содержание железа, хрома, кобальта, никеля, алюминия. Талек-хлоритовые породы образуются главным образом за счет богатых алюминием ультрамафитов, относящихся, как правило, к габбро-дунит-клинопироксенитовой формации, а, кроме того, частично и на контактах с вмещающими алюмосиликатными породами. Для апокарбонатных руд маложелезистого талек, связанных с доломитами, характерно повышенное содержание СаО. Апомagneзиальные талекиты являются малокальцевыми.

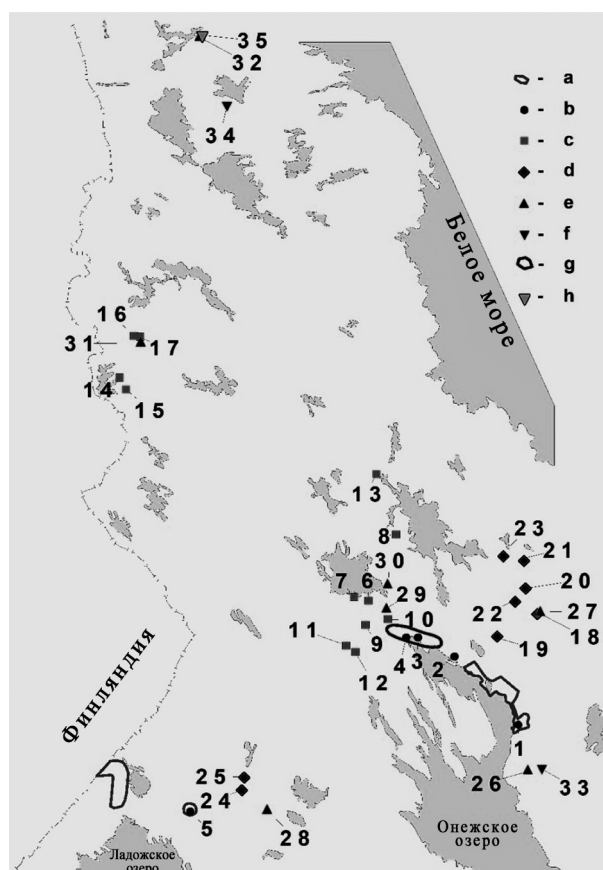
В результате работ Карельской геологической экспедиции и ИГ КарНЦ РАН выделены три фор-

мационных типа месторождений и проявлений талек [7, 8]: *апоультрамафитовый тип* – *формация железистых карбонат-талеквых руд*, приуроченных к породам дунит-перидотитового ряда; *апоультрамафитовый тип* – *формация талек-хлоритового (горшечного) камня*, связанного в основном с породами перидотит-пикритового ряда; *апокарбонатный тип* – *формация маложелезистых талеквых руд*, связанных с магнезиальными карбонатными породами. Названные формационные типы месторождений и проявлений характеризуются различными обстановками нахождения и направлением использования полезного ископаемого.

Карельский кратон представляет собой отдельную самостоятельную талекносной провинцию. На финской территории кратона известны проявления и эксплуатируются месторождения талек в пределах сланцевого пояса Кайнуу и талеквого камня зеленокаменного пояса Суомуссалми-Кухмо. Более перспективной на талексодержащие образования представляется Карельская часть кратона, так как здесь более широко развиты благоприятные породные комплексы зеленокаменных поясов [3]. Талеквое сырье относится к разряду высокомагнезиальных пород (рис. 1).

Рис. 1. Основные области и точки высокомагнезиальных месторождений и проявлений Карелии (схема составлена В. В. Щипцовым)

(а) – площади, перспективные для поисков маложелезистого талек; (б) – проявления маложелезистого талек апокарбонатного типа: 1 – Пудожгорское, 2 – Габсельгское, 3 – Пиндушское, 4 – Фенькина Лампи, 5 – Саригора; (с) – месторождения и проявления талеквого камня апоультрабазитового типа: 6 – Каллиеве-Муреннанваара, 7 – Турган-Койван-Аллушта, 8 – Уросозерское, 9 – Вожемское, 10 – Остерозеро (Нижний Петтель), 11 – Черный Наволок (Совдозеро), 12 – Карзиковозеро 13 – Парандовское, 14 – Няльма Губа, 15 – Каменная Река, 16 – Озерки, 17 – Костомукшское); (д) – месторождения и проявления талек-карбонатных руд железистого талек апоультрабазитового типа: 18 – Светлоозерское, 19 – Повенчанка, 20 – Кумбуксинское, 21 – Южно-Вожимское, 22 – Золотопорожское, 23 – Вожмозерское, 24 – Хюрсюля, 25 – Игнойла; (е) – серпентиниты: 26 – Аганозерское, 27 – Светлоозерское, 28 – Хаутаваара, 29 – Вожемское, 30 – Кропотнаволок, 31 – Таловейс, 32 – Ханкус; (ф) – оливиниты: 33 – Бураковский, 34 – Тикшеозерский; (г) – Повенецкий рудный узел с проявлениями рибекит-асбеста: Краснополянское, Сапенекское, Повенецкое; (h) – антофиллит-асбест: 35 – Ханкус



Тальковые руды

Маложелезистый тальк апокарбонатного типа в пределах Карельской части кратона связан с горизонтами магнезиально-карбонатных пород в терригенно-карбонатно-глинистых отложениях туломозерской свиты верхнего ятулия (онежская серия нижнего протерозоя). Эти породные комплексы распространены преимущественно на Прионежской, Приладожской площадях Южной Карелии (проявления талька Пудожгорское, Габсельгское, Пиндушское, Центрально-Салминское), в южном крыле Кумсинской синклинали Центральной Карелии (проявление Фенькина Лампи). Здесь, очевидно, происходило оталькование доломитов за счет привноса кремнезема, связанного с постятулийским магматизмом. Известные проявления представлены пологопадающими залежами глинисто-тальковых сланцев, доломит-тальковых брекчиевидных пород мощностью первые десятки метров, протяженностью до нескольких сот метров, содержащими 25–65 % талька. Залежам нередко сопутствуют жилы стеатита мощностью 0,1–0,5 м с содержанием талька до 95 % [1]. Для установления достоверных перспектив данного вида сырья в Карелии требуются дополнительные специальные геологические изыскания, связанные, в первую очередь, с колонковым бурением.

Апоультрамафитовые карбонат-тальковые руды железистого талька Карельской части кратона локализованы в реликтовых структурах верхнеархейских зеленокаменных поясов. Установлены промышленные залежи в Каменноозерской структуре Сумозерско-Кенозерского, Рыбозерской Южно-Выгозерского, Хаутаваарской Ведлозерско-Сегозерского поясов. Среднее содержание талька в карбонат-тальковых рудах 45–55 %, магнезиального карбоната (брейнерит + магнезит) 40–50 %, остальную часть составляет хлорит, в небольших количествах (до первых процентов) могут содержаться магнетит и сульфиды. Руды железистого талька по составу, структуре и текстуре подразделяются на природные типы. Типы руд, содержащие незначительное количество хлорита, являются сырьем для получения талькового концентрата. При этом все типы можно рассматривать в качестве горшечного камня. Первичными для тальк-карбонатных образований являлись породы дунит-перидотитового ряда, преобразованные в результате регионального метаморфизма, а также автометаморфизма

при магматизме, в серпентиниты. Последние, в свою очередь, при метасоматозе, сопровождавшем контактовый метаморфизм и региональный от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций, в тектонически ослабленных либо приконтактных зонах были превращены в тальковые руды. На примере Каменноозерской структуры можно предположить, что образование тальковых руд связано главным образом с эффузивной фацией ультраосновного магматизма.

Тальковый камень

Залежи *талькового камня* в пределах Карельского кратона локализованы в несколько отличающихся друг от друга геологических обстановках и имеют существенные вариации минерального состава. В границах Карельского кратона выделяются три главных обстановки нахождения талькового камня зеленокаменных поясов. В *первой обстановке* тальковый камень представлен тальк-карбонатными породами и карбонат-тальковыми рудами, связанными с эффузивной фацией ультраосновного вулканизма (коматиитами). Здесь залежам талькового камня нередко сопутствует никелевое оруденение. Примерами данной обстановки являются объекты тальковых руд: Светлоозерское месторождение, Золотопорожское и другие проявления Каменноозерской структуры, месторождение Повенчанка Рыбозерской структуры, а также финские месторождения Нуннанлахти, Кивикангас, Верикаллио верхнеархейского зеленокаменного пояса Суомуссалми-Кухмо [12, 13]. *Вторую обстановку* характеризуют залежи тальк-хлоритового камня месторождений и проявлений Сегозерской группы (месторождения Каллиево-Муреннанвара, Турган-Койван-Аллуста, некоторые проявления), связанные с ультрамафитами перидотит-пикритового состава Сегозерской блоковой структуры, обрамленной с запада и востока осадочно-вулканогенными образованиями Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса. Данная обстановка отвечает также развитию пород гимольской серии Костомукшской зеленокаменной структуры, характеризующейся не только наличием железорудных горизонтов, но и разномасштабных пластообразных тел ультрамафитов; последние представлены тальк-хлоритовыми породами, в различной степени обогащенными карбонатами. Массивные их разности по составу близки горшечному камню месторождений Сегозерской

группы. Горшечный камень имеет следующие вариации минерального состава: талька – 10–45 %, хлорита – 10–45 %, карбонатов – 0–20 %, серпентина – 0–45 %, амфибола – 0–50 %, рудных минералов (магнетит + сульфиды) – 2–9 %. *Третья обстановка* связана с развитием пород контоксской серии нижней части разреза Костомукшской зеленокаменной структуры (по геологическим условиям близкой к Каменноозерской). Среди базальтов залегают горизонты ультраосновных вулканитов. Имеют место крупные выходы оталькованных серпентинитов, (район гранитоидного массива «Факторный»). По данным бурения, проводившегося Северной геологической экспедицией, и по результатам работ КарНЦ РАН, известно о широком развитии тальк-хлорит-тремолитовых пород (в частности, уч. Озерки-1), образовавшихся за счет ультраосновных вулканитов контоксской серии. *Тальк-хлорит-тремолитовые породы* представляют собой отдельную разновидность горшечного камня. Подобная разновидность пород встречена, в частности, и в разрезе месторождения Каллиево-Муреннанваара. Здесь в приконтактных с вмещающими гранитоидами участках развиты зоны *тальк-хлорит-тремолит-актинолитовых пород* мощностью от первых до 10 м. По простираю залежи тальк-хлоритовых пород сменяются оталькованными серпентинитами, в которых эпизодически наблюдается подушечная отдельность, указывающая на лавовую природу материнских пород. *Особую обстановку* занимают месторождения талька, связанные с формациями нижнепротерозойского сланцевого пояса Кайнуу финской части Карельского кратона. В Финляндии тальк добывается на месторождениях Лахнаслампи, Хорсманaho, Пехмюткиви фирмой Mondo Minerals Oy [12]. Приконтактные зоны залежей тальковых руд с вмещающими чёрными сланцами на месторождении Лахнаслампи представлены амфиболовыми скарнами, что свидетельствует о метасоматозе метаморфизованных терригенно-осадочных толщ, связанном с магматизмом.

Тальковое сырьё

Таким образом, в пределах Карельского кратона залежи талькового сырья локализованы: 1) в реликтовых структурах верхнеархейских зеленокаменных поясов (апоультрамафитовые руды железистого талька и тальковый камень Каменноозерской, Рыбозерской, Хаутаваарской, горшечный ка-

мень Сегозерской и Костомукшской структур Карелии, тальковый камень финских месторождений зеленокаменного пояса Суомуссалми-Кухмо), 2) в нижнепротерозойских формациях, где они ассоциируют с ультрамафитами сланцевого пояса Кайнуу (месторождения тальковых руд Финляндии) и терригенно-карбонатно-глинистыми отложениями верхнего ятулия (проявления апокарбонатных руд маложелезистого талька Южной и Центральной Карелии).

Наиболее перспективным тальковым сырьем для Карелии является апоультрамафитовый тип железистых карбонат-тальковых руд. Все известные проявления и месторождения локализованы в архейских зеленокаменных поясах. Минерально-сырьевая база республики с установленной рудоносностью промышленного уровня представлена в настоящее время месторождениями Светлоозерское (Сегежский район), Повенчанка (Медвежьегорский р-он), проявлением Игнойла (Суоярвский р-он).

Светлоозерское месторождение (рис. 2) расположено в Каменноозерской структуре Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса, где локализовано в Западно-Светлоозерском массиве, являющимся частью сложно построенной Светлоозерской субвулканической интрузии ультрамафитов. Этот массив относится к Вожминской группе никеленосных интрузий, вмещающих никелевые проявления и тальк-карбонатные образования [7].

По химическому составу светлоозерские руды близки к сырью разрабатываемых месторождений Урала, заметно превосходя его по белизне. В частности, этот показатель у тальковых руд Шабровского месторождения 42–45 %, а у светлоозерских 55–68 % и выше. Светлоозерский тальк обладает уникальными природными свойствами, главными из которых являются пластинчатая форма частиц и высокая дисперсность, что определяет показатели, наиболее ценимые потребителями тальковой продукции: высокую белизну, маслосмеккость, большую удельную поверхность, низкую абразивность. Анализ физико-механических свойств светлоозерского талька, проведенный в 1989 г. в ЦНИИ бумаги, показал, что он находится на уровне «Финталька МТ-05», соответствуя лучшим сортам этой продукции на мировом рынке. Кроме того, по ряду показателей (белизне, степени желтизны, абразивности и др.) светлоозерский тальк превосходит каолин Глуховецкого месторождения Украины.

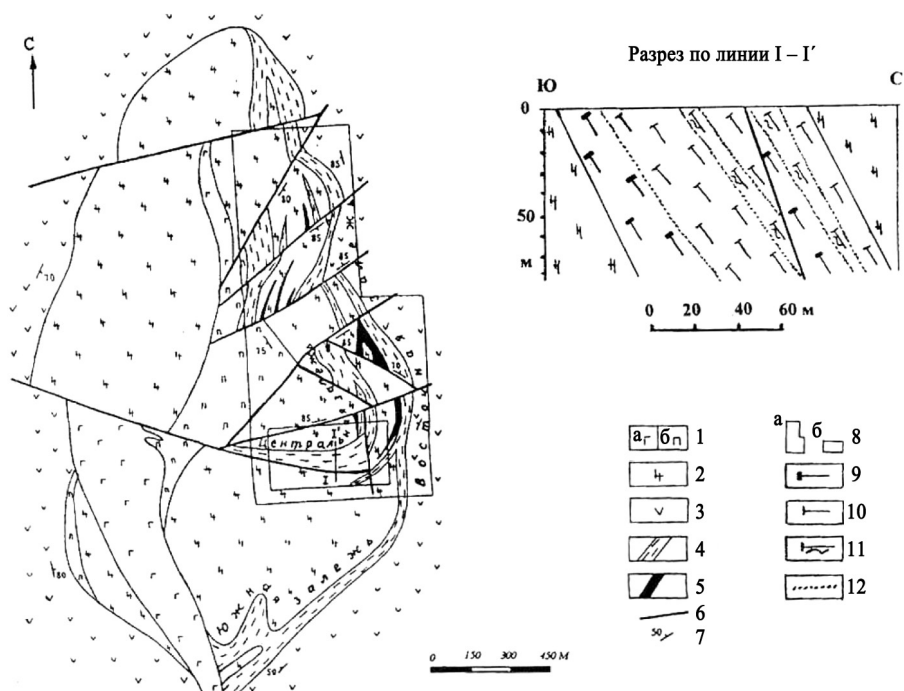


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Западно-Светлоозерского массива [7]

1 – дайки габбро (а) и пироксенитов (б); 2 – серпентиниты; 3 – вожминская серия, кумбуксинская свита: метабазалты, метатифы и метатифиты основного и средне-кислого состава; 4 – залежи тальковых руд; 5 – залежи медно-никелевых руд; 6 – разломы; 7 – элементы залегания; 8 – участки работ: а – поисковых, б – поисково-оценочных; природные типы тальковых руд: 9 – карбонат-тальковые крупнозернистые (тип I), 10 – карбонат-тальковые мелкозернистые (тип II), 11 – хлорит- (серпентин) -карбонат-тальковые (тип III); 12 – фациальные границы природных типов тальковых руд

Месторождение Повенчанка расположено в северной части Рыбозерской структуры (рис. 3) Южно-Выгозерского зеленокаменного пояса. Оно находится в пределах зоны сочленения северной и восточной ветвей структуры, локали-

зовано в ультрамафитах. Тектонический фактор, контролирующий месторождение, выражен крупным узлом пересечения субширотных и субмеридианальных разломов, обусловивших повышенную проницаемость этой части структуры.

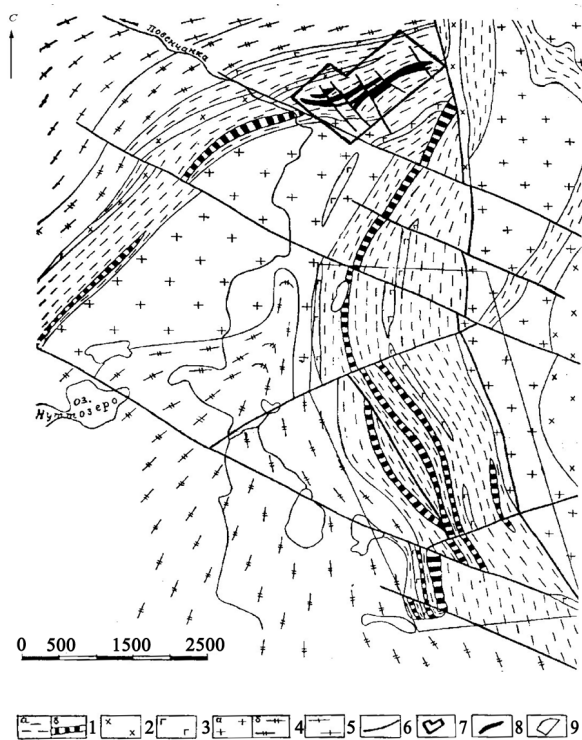


Рис. 3. Обзорная геологическая карта Рыбозерской структуры [8]

1 – лопейские осадочно-вулканогенные образования вожминской серии: а – нерасчлененные, б – горизонты ультрамафитов; 2 – диориты; 3 – габбро; 4 – верхнеархейские: а – плагиограниты, б – гнейсовидные граниты и полимиктиты; 5 – раннеархейские плагиогранитогнейсы; 6 – разломы; 7 – участок поисковых работ на тальковые руды; 8 – месторождение тальковых руд Повенчанка; 9 – Восточно-Рыбозерское рудное поле (Fe, Ti, Cr, Ni, Co, Au)

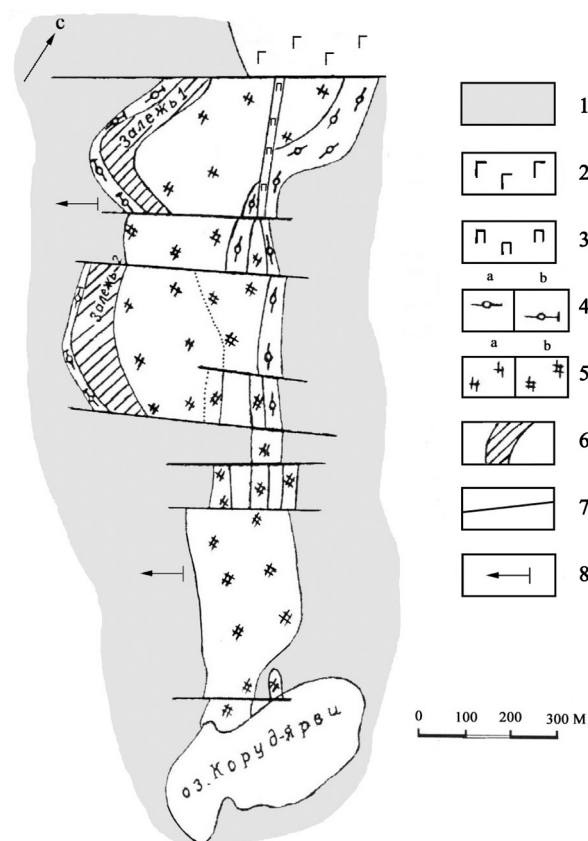
Определенный вклад в тектоническое строение месторождения внесла, вероятно, интрузия плагиогранитов, внедрившаяся в центральную часть Рыбозерской структуры, к экзоконтакту которой приурочено месторождение. Установлено, что ультрамафиты месторождения в результате метаморфо-метасоматических процессов практически нацело изменены и на современном уровне денудационного среза более, чем на 80% своего объема

сложены тальковыми рудами, а в остальной части представлены реликтовыми телами серпентинитов.

Проявление Игнойла 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. 4).

Рис. 4. Схематическое геологическое строение участка проявления тальковых руд Игнойла [8]

1 – вулканогенные образования каляярвинской свиты (AR₂kl): дацитовые метапорфириты, метадациты, риолитовые порфириты, кварцевые порфиры, сланцы по кислым эффузивам; 2 – габбро; 3 – метапироксениты; 4 – сланцы: хлорит-тремолитовые (а), тальк-хлорит-амфиболовые (б); 5 – серпентиниты апоперидотитовые: антигоритовые, оталькованные и карбонатизированные (а), антигорит-лизардитовые (б); 6 – залежи тальковых руд (в контуре оценки ресурсов Р₁); 7 – разломы; 8 – направление падения ультраосновного массива



В результате проведенных Карельской геологической экспедицией ревизионных работ к 1995 г. дополнительно получены данные о перспективности на тальковые руды еще нескольких участков Каменноозерской зеленокаменной структуры, включающих проявления *Вожмозерское, Золотопорожское, Южно-Вожминское, Кумбуксинское.*

По минеральному составу и структурным особенностям тальковые руд выявленных месторождений и проявлений зеленокаменных структур делятся на четыре главных природных типа (по В. Н. Фурману, С. Н. Бобылевой [7, 8]): тип I – **карбонат-тальковые крупнозернистые** порфиробластовые; тип II – **карбонат-тальковые мелкозернистые**; тип III – **хлорит- (серпентин) -карбонат-тальковые** разнозернистые;

тип IV – **карбонат-хлорит-тальковые** разнозернистые (мелкозернистые). Главный компонент руд – тальк, во всех их выделенных типах представлен примерно одинаково. Он образует тонко-чешуйчатые (пластинчатые, листоватые) агрегаты белого цвета, реже отдельные более крупные (до 1 мм) листоватые зерна; обычно находится в сростках с другими минералами. Среднее содержание талька во всех типах руд – 45–55%. Карбонат находится с тальком примерно в равном соотношении, но его, как правило, несколько меньше (в среднем 40–50% во всех типах руд). Для I типа руд наиболее характерны унаследованные порфиробластовые структуры. Порфиробласты карбоната имеют размеры от 3–5 до 10–15 мм и представлены чаще всего темно-серым магнезитом. II тип отличается наложенной

порфиروبластовой и гранолепидобластовой мелкозернистой (реже среднезернистой) структурой. Зерна карбонатов здесь мельче – до 1–2 мм, представлены, в основном, кристаллическим магнезитом (брейнеритом). Из петрографических исследований следует, что II тип руд представляется, в целом, метасоматически измененным типом I, где карбонаты становятся более железистыми. III и IV типам руд свойственна еще большая железистость карбоната; среди карбонатов преобладает доломит. Карбонат не является вредной примесью. Он легко отделяется при флотации и, кроме того, может рассматриваться как потенциальный полезный компонент для применения в промышленности, использующей карбонатное магнезиальное сырье. К вредным технологическим примесям относятся темноцветные минералы: хлорит, серпентин, магнетит и сульфиды. Содержание хлорита и серпентина в I и II типах

руд – до 10 %, в остальных – до 25 %. Магнетита во всех типах руд содержится 1–5 %, сульфидов – до 1 % (эпизодически до 3 %). Наиболее трудноотделимы при обогащении хлорит (образует, как и тальк, листовато-чешуйчатые агрегаты) и магнетит (часто находится в сростках с тальком). Между рудами I и II типов переходы постепенные. Руды IV типа отличаются от руд III типа большим содержанием хлорита и сильнее катаклазированы. Руды I типа по минеральному составу близки рудам II типа, но постоянная примесь магнетита в них вдвое больше, чем в последних. Учитывая технологические факторы, к наиболее качественным рудам относятся руды II типа, где доля темноцветных минералов минимальная. Наиболее распространены на изучаемых месторождениях и проявлениях руды I и II типов, составляющие 2/3 объема залежей. Их химический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав тальковых руд I и II природных типов, мас. %

Месторождения (проявления)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	ппп	Нераств. остат.	Кислоторастворимые		
									MgO	Fe ₂ O ₃	CaO
Светлоозерское	33.7	1.4	30.9	0.23	9.7	3.5	20.6	55.2	13.0	6.5	3.5
Повенчанка	32.2	1.54	30.3	0.16	10.1	3.2	22.5	52.7	15.2	5.0	2.9
Игнойла	33.2	2.6	30.5	0.12	10.5	3.4	19.0	58.0	13.5	4.2	3.1

Данные Карельской геологической экспедиции.

Перспективными на тальк-хлоритовый (горшечный) камень в Карелии следует считать зеленокаменные структуры с развитыми в них ультрамафитами перидотит-пикритового состава, в особенности локальные структуры архейского возраста, заключенные в блоках гранитоидов, причем наибольший интерес могут представлять приконтактные зоны, где проявлены оталькование, хлоритизация, карбонатизация, амфиболизация. Наиболее изученными на настоящий момент являются месторождения и проявления Сегозерской группы. Перспективная площадь охватывает узел пересечения Суккозерско-Кожозерской широтной зоны разломов этапа протоактивизации с Хаутоваарско-Выгозерской мобильно проникаемой зоной (МПЗ). Залежи горшечного камня ассоциируются здесь с ультрамафитами (пикриты, перидотиты) реликтов толщ зеленокаменных пород Сегозерской блоковой структуры, обрамленной с запада и востока осадочно-вулканогенными образованиями Ведлозерско-Сегозерского зеленокаменного пояса.

Под термином «горшечный камень» понимается не только биминеральная (тальк-хлоритовая) массивная разновидность пород, но и другие выделяемые типы со следующими вариациями состава: талька 10–45 %, хлорита 10–45 %, карбонатов 0–20 %, серпентина 0–45 %, амфибола 0–50 %, рудных минералов (магнетит+сульфиды) 2–9 % [8].

Условия локализации залежей тальк-хлоритовых пород можно проиллюстрировать на примере месторождения Каллиево-Муреннанваара [6, 8], детально разведанного в 1930–1933 г. и эксплуатировавшегося до 1941 г. Сырье применялось в следующих отраслях промышленности: радио- и электротехнической (реостаты, электрораспределительные щиты и пр.); целлюлозно-бумажной (щелочноупорные кирпичи для печей Вагнера на Сегежском ЦБК); пищевой (плиты для пода конвейерных печей в хлебопекарнях); в качестве облицовочного материала фасадов зданий и их декоративных деталей (дома в С.-Петербурге начала XX века в стиле

«модерн», Дронгтеймский собор в Хельсинки). Кроме того, была доказана возможность применения тальк-хлоритового порошка в качестве наполнителя для силикатных красок и при изготовлении сургуча и инсектофунгисидов.

Месторождение Турган-Койван-Аллуста детально разведано в 1957 г. как сырье для производства дуста из карбонат-тальк-хлоритовых сланцев. В настоящее время не эксплуатируется.

В ИГ Кар НЦ РАН, под руководством В. И. Соколова, проводилось сравнительное изучение свойств образцов тальковых руд месторождений Финляндии и карельского талькового камня месторождений Сегозерской группы. В отличие от карельских образцов (тальк-хлоритовые сланцы), для талькового камня Финляндии характерно очень низкое содержание хлорита, и повышенное – карбонатов и рудных минералов (тальк-карбонатный камень) (табл. 2).

Таблица 2

Минеральный состав образцов талькового камня, %

Месторождение	Тальк	Хлорит	Карбонат	Рудные	Флогопит
Kivia oy Verikallio	49.0	–	36.3	14.7	–
Kianta Stone	49.9	–	38.9	10.9	1.4
Nunnan Lahti	55.0	–	30.6	14.0	0.4
Каллиево-Муреннанваара	52.0	18.0	25.5	4.5	–
Турган-Койван-Аллуста	59.6	14.5	18.3	7.6	–

Карельский тальковый камень месторождений Сегозерской группы (Каллиево-Муреннанваара и Турган-Койван-Аллуста)

содержит заметное количество хлорита, а, следовательно, повышенное содержание Al_2O_3 (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав образцов талькового камня, мас. %

Месторождение	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$Fe_2O_3 + FeO$	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O	п.п.п.	Σ
Nunnan-Lahti	31.8	0.13	0.96	4.71	0.079	33.60	0.21	0.02	0.01	0.12	22.18	99.74
Каллиево-Муреннанваара	34.5	0.19	3.56	10.69	0.143	26.86	6.44	0.02	–	0.09	17.17	99.68
Турган-Койван-Аллуста	38.2	0.18	4.63	10.48	0.22	26.60	5.19	0.04	0.02	0.16	13.68	99.40

Были проведены сравнения физико-механических свойств природного талькового камня ряда объектов (табл. 4) и прочностных свойств термообработанного талькового камня (табл. 5). Отмечено, что во всем интервале температур обжига прочность образцов месторождения **Nunnan Lahti значительно ниже** этого показателя для карельских пород. Это связано, очевидно, с очень малым содержанием в них хлорита, а, следовательно, и недостатком связующего, обеспечивающего спекание материала. Поэтому, как показали результаты исследования термостойкости пород при попеременном нагревании их до 600 °С и охлаждении в воде, термостойкость, например, для тальк-хлоритовых пород месторождения Каллиево-Муреннанваара значительно выше, чем для пород месторождения **Nunnan Lahti и составляет** более 130 и 35 циклов испытаний до разрушения образцов соответственно. Коэффициент

теплопроводности природного талькового камня, по сравнению с другими породами, имеет довольно высокое значение. Это обусловлено наличием в них минералов с относительно высокой тепловой проводимостью. Коэффициенты теплопроводности талька, хлорита и карбонатов составляют 2.9–4.0, 4.2 и 3.9–5.5 Вт/(м·К) соответственно. Увеличению теплопроводности тальксодержащих пород способствует наличие в них значительного количества рудных минералов, имеющих еще более высокие коэффициенты теплопроводности. Таким образом, результаты исследований свойств природного и термообработанного талькового камня обоих типов показали, что по плотностным и теплофизическим характеристикам они несколько отличны, а породы, не содержащие хлорита, имеют пониженное значение показателя прочности и термостойкости во всем интервале температур обжига.

Таблица 4

Физико-механические свойства и теплопроводность природного талькового камня

Показатель	Kivia oy Verikallio	Kianta Stone	Nunnan-Lahti	Каллиево-Муреннанваара	Турган-Койван-Аллуста
Объемная масса, г/см ³	3.00	2.96	3.01	2.89	2.86
Истинная плотность, г/см ³	3.02	2.99	3.02	–	2.92
Пористость эфф. %	0.41	0.89	0.40	0.29	1.00
Пористость общ. %	0.70	1.00	0.60	–	2.16
Водопоглощение, %	0.14	0.30	0.13	0.09	0.35
Прочность в сухом состоянии, МПа	55.0	40	24.5	55.0	39.0
Кэф-т тепл-сти, Вт/ (м·К)	4.93	6.40	4.73	4.70	3.46

Примечание: коэффициент вариации при определении коэффициента теплопроводности достигает 30 %.

Таблица 5

Зависимость прочности пород от температуры их обжига

№ п. п.	Температура обжига, °С	Предел прочности при сжатии, МПа		
		Nunnan Lahti	Каллиево-Муреннанваара	Турган-Койван-Аллуста
1	100	24.5	55.3	39.2
2	450	19.2	60.4	49.5
3	600	19.8	52.2	63.3
4	700	16.2	54.5	58.5
5	800	9.6	59.2	67.7
6	900	18.2	132.7	98.3
7	1000	38.9	157.0	128.0
8	1050	40.8	130.0	98.3
9	1100	36.8	92.3	82.0
10	1200	33.6	107.5	84.8
11	1250	38.5	120.8	115.0

Направления практического применения талькового сырья

Маложелезистый тальк используют в качестве порошка и применяют в медицине (как связующий наполнитель таблеток, в косметической продукции, в качестве присыпок для лечения пролежней и кожных заболеваний, «детские присыпки»), в парфюмерии (наполнители мазей, кремов, пудр, теней, дезодорантов, «жидкий тальк» и пр.), при уходе за игрушками – присыпка детских игрушек, воздушных шаров и пр., в спортивной индустрии (тальковая пудра), в быту (тальком пересыпаются различные резиновые изделия – перчатки, обувь и пр. – для предотвращения слипания и сохранения формы), в пищевой промышленности (тальком обсыпают конфеты, его используют при изготовлении специальных форм для пищевых продуктов, тальк могут добавлять в пищевые добавки – БАД). Маложелезистый тальк является наполнителем бумажной массы (благодаря своей высокой бе-

лизне), красок, лаков, керамики (именно маложелезистый – для радиоизоляционной), может использоваться в химической промышленности. Использование талька в медицине и пищевой промышленности обусловлено его инертностью по отношению к активным реагентам пищеварительного тракта. Маложелезистый тальк можно использовать и в других областях, где подойдет железистый.

Железистый тальк карельских объектов имеет несомненные перспективы. Как было показано выше, микротальк светлоозерского типа (месторождения тальковых руд Светлоозерское, Повенчанка, Игнойла, проявления Каменноозерской структуры) находится на уровне некоторых сортов «Финталька» по белизне и его можно применять в качестве наполнителя бумажной массы. Тальковый концентрат апоультрамафитовых объектов можно применять в технике и быту – им пересыпаются различные резинотехнические изделия для пре-

дотвращения слипания, в технике его можно использовать как твердую смазку и в качестве присадок в моторные и агрегатные масла.

Тальковый камень Карелии имеет несколько разновидностей. Тальковые руды объектов железистого талька апоультрамафитового генезиса являются одновременно и тальковым камнем преимущественно тальк-карбонатного (магензит-брейнерит) состава, аналогичного сырью финских месторождений талькового камня зеленокаменного пояса Суомуссалми-Кухмо. В пределах площади Сегозерской группы имеются месторождения тальк-хлоритовых сланцев и ряд проявлений. В некоторых случаях на одном объекте можно встретить тальковый камень разного минерального состава – от тальк-хлоритового до тальк-карбонатного, тальк-тремолитового и др. (пример – участок Вожемский в районе оз. Сегозеро, Медвежьегорский район). В зависимости от состава могут варьировать свойства и меняться направления применения материала, как природного так и термообработанного.

Талькосодержащие породы могут применяться в качестве штучного камня (для изготовления цельнопильных изделий) и в дробленом виде.

Тальковый камень обладает ценными для ряда производств свойствами: щелоче- и кислотоупорность, высокая огнеупорность, теплоемкость, легкая обрабатываемость. Природный камень можно использовать в электротехнической (реостаты, электрораспределительные щиты и пр.), целлюлозно-бумажной (щелочеупорные кирпичи для печей Вагнера), пищевой (плиты для пода конвейерных печей в хлебопечкарнях) отраслях промышленности, в качестве строительного и облицовочного материала, для изготовления каминов, бытовой посуды и др. В мировой практике (Финляндия и др.) тальковый камень наиболее широко используется как декоративный (облицовочная плитка, декоративная посуда и пр.), в строительстве печей и каминов, как банный камень.

При термообработке тальковый камень приобретает новые свойства, – высокую пористость и прочность, более значительную морозостойкость и стойкость к воздействию агрессивных сред, которые позволяют использовать его в футеровке, для изготовления обожженных прессованных изделий и в других направлениях.

Измельченную породу можно использовать в качестве наполнителя для силикатных кра-

сок, битума при изготовлении мягкой кровли, основы для сургуча и инсектофунгисидов, при создании композиционных материалов, керамики, бетона. Добавки в шихту улучшают практически все свойства керамических изделий, и главное, значительно повышают их морозостойкость, что позволяет эффективно использовать изделия из керамики в условиях знакопеременных и больших перепадов температур.

Сотрудниками ИГ КарНЦ РАН дополнительно разработаны, расширены и апробированы пути применения талькового камня в технике, металлургии, в области строительных материалов. Это – получение материалов-наполнителей для особо прочных, жаростойких, морозостойких бетонов, разработаны технологии приготовления футеровки теплоаккумуляторов, изготовлены опытные образцы самой разнообразной по качеству и, соответственно, областям применения керамики, и др. [2, 4, 6, 9, 10, 11]. Талькосодержащие породы с определенными специфическими свойствами могут найти применение в триботехнике.

Оценка радиационно-гигиенической обстановки объектов талькового сырья

Сотрудниками ИГ КарНЦ РАН выборочно производились радиационно-гигиенические исследования объектов талькового сырья, образцов полезного ископаемого и вмещающих пород. Типичную радиационно-гигиеническую обстановку можно проиллюстрировать на примере месторождения талькового камня «Озерки-1» (район административного подчинения г. Костомукша). Определение удельной активности естественных радионуклидов (радия – 226, тория – 232 и калия – 40) выполнено гамма-спектрометрическим методом на аттестованном гамма-спектрометре со сцинтилляционным детектором БДЭГ2СП-1 № 2–286 и программным обеспечением «СПЕКТР-1С». Измерение и расчет аналитических параметров выполнены в соответствии с ГОСТ 30108–94. Определение удельных активностей естественных радионуклидов проведено по навескам из представительных проб горных пород. Исследования показали, что горные породы месторождения «Озерки-1» по радиационно-гигиенической обстановке относятся к 1 классу (удельная эффективная активность $A_{эфф} \leq 370$ Бк/кг, мощность экспозиционной дозы $\leq 0,20$ мк³/час) и могут применяться во всех видах строительства.

Выводы

Республика Карелия располагает существенной минерально-сырьевой базой талькового сырья. Воссоздавая в Карелии экономическую, научную, производственно-техническую базу

для изучения, поисков, разведки, оценки и эксплуатации объектов талькового сырья, можно поднять целый пласт российской индустрии и вывести экономику Карелии и России на совершенно новый, более высокий уровень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганин В. А. Геологическое строение и полезные ископаемые Бураковско-Аганозерского массива и его обрамления. Отчет о результатах ГГС масштаба 1:50000 и общих поисков никеля в пределах Бураковско-Аганозерского массива и его обрамления // Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1989.
2. Завёрткин А. С., Фролов П. В., Ильина В. П. Разработка технологии приготовления футеровки теплоаккумуляторов из талькосодержащего сырья // В сб. «Роль технологической минералогии в получении конечных продуктов передела минерального сырья. Сборник статей X Российского семинара по технологической минералогии, 2016. С. 94–98.
3. Металлогения Карелии. Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. 340 с.
4. Попова Т. В., Ильина В. П., Климовская Е. Е., Фролов П. В., Инина И. С. Оценка минералого-технологических свойств тремолит-актинолитовых пород Карелии для получения керамики // Прогнозная оценка технологических свойств полезных ископаемых методами прикладной минералогии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. С. 154–160.
5. Романович И. Ф. и др. Месторождения талька СССР. М.: Недра, 1973. 224 с.
6. Соколов В. И. Талько-хлоритовые сланцы Карелии и пути их комплексного использования. Петрозаводск: 1995. 128 с.
7. Фурман В. Н. и др. Отчет о результатах поисковых и поисково-оценочных работ на карбонат-тальковые руды в пределах Светлоозерского массива ультрамафитов в 1990–1994 г. Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1995.
8. Фурман В. Н., Афонина Е. Н. Отчет о результатах поисков тальковых руд и тальк-хлоритового камня в Республике Карелия в 1990–1994 г. Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1995.
9. Шеков В. А. и др. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на месторождении талькового камня «Озерки» (Облицовочный камень), проведенных на территории административного подчинения города Костомукша Республики Карелия в 2005–2008 гг. 2010, Фонды Кар ТФГИ.
10. Щипцов В. В., Ильина В. П., Попова Т. В., Фролов П. В. Высокомagneзиальные промышленные минеральные породы Карелии в потенциальном производстве огнеупоров и керамических материалов различного назначения. // Огнеупоры и техническая керамика. Издательство: ООО «Меттекс» (Истра), 2013. Стр. 40–46.
11. Ilyina V. P., Frolov P. V., Klimovskaya E. E., Tkacheva S. G., Shekov V. A. Karelia's talc-bearing rocks, their properties and possible application (exemplified by the Kallievo-Murennanvaara deposit) // Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM2017, June 29 – July 5, 2017, Albena. V. 17. Issue 13. P. 479–486.
12. Niemela M. Talc-magnesite deposits in Finland / Mineralia Slovaca, 2001. P. 561–566.
13. Tuni M., Michailov V. & Furman V. Geology and commercial assessment, and utilization of talc deposits. Comprehensive assessments of nonmetalliferous deposits // Proceedings of the Finnish-Soviet Symposium / Ed. H. Niini. Otaniemi. 1991. P. 25–38.