

П. В. Фролов, В. Н. Фурман

СВЕТЛООЗЕРСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ РУД ЖЕЛЕЗИСТОГО ТАЛЬКА – ЭТАЛОННЫЙ ОБЪЕКТ КОМПЛЕКСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ КАРЕЛИИ

Введение

Тальковая промышленность России представлена в настоящее время, в основном, месторождениями Урала (железистый тальк апоультрамафитового типа, – например, Сыростанское и Шабровское месторождения) и Сибири (маложелезистый тальк апокарбонатного типа – Онотское и другие месторождения).

Молотый тальк, получаемый из руд апокарбонатного типа, используется в химической, фарфорово-фаянсовой, медицинской, а также целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности.

Микротальк, получаемый из руд железистого талька апоультрамафитового типа, широко используется, в первую очередь, в целлюлозно-бумажной (наполнитель бумаги, антисмоляной агент) и лакокрасочной отраслях промышленности. Применение здесь этого компонента обусловлено, прежде всего, тонкопластинчато-чешуйчатой формой зерен талька и высокой белизной (белизна зерен маложелезистого талька обычно несколько выше, чем железистого, однако чешуйки последнего лучше сплетаются с волокнами целлюлозы). На тальковую бумагу хорошо ложится типографская краска. В соседней Финляндии около 80% добываемого железистого талька (три карьера разрабатывает компания Mondo Minerals Oy, до 1998 г. – Finnminerals Oy), из близких по геологическим условиям комплексов, поступает в бумажную промышленность. За исключением нескольких залегающих в северной Финляндии, тальк-магнезитовые проявления локализуются главным образом в восточной Финляндии. Отмечается около 100 проявлений тальковых сланцев и мыльного камня (Vesalio, 1965). Большинство из них приурочено к архейским зеленокаменным поясам или протерозойским сланцевым поясам (Tuni et al., 1991; Niemela, 2001).

Республика Карелия является также потенциальной базой талькового сырья в Северо-Западном экономическом регионе России с учетом широкого распространения высокомагнезиальных пород (Tuni et al., 1991; Kulikov, Kulikova, 2002). Здесь известно более двадцати проявлений талькосодержащих пород.

На маложелезистый тальк апокарбонатного типа перспективными можно считать Приладожскую

(Центрально-Салминское проявление) и Прионежскую (проявления Пудожгорское, Габсельгское, Пиндушское) площади Южной Карелии (Precambrian industrial minerals..., 1993), где развиты терригенно-карбонатно-глинистые отложения туломозерской свиты верхнего ятулия (онежская серия нижнего протерозоя). Определенный интерес в этом направлении могут представлять аналогичные породные комплексы южного крыла Кумсинской синклинали Центральной Карелии (Фенькина Лампи), залегающие на метадиабазе среднего ятулия (Гаранжа, 1999).

Важной геологической особенностью Карельского кратона является широкое развитие благоприятных для образования залежей железистого талька породных комплексов архейских зеленокаменных поясов, значительная часть которых приходится на Карельскую часть кратона (Металлогения Карелии, 1999). Работами Карельской геологической экспедиции здесь выявлены крупные тальковые проявления в пределах Каменноозерской (Светлоозерское, Золотопорожское, Кумбуксинское, Южно-Вожминское, Вожмозерское), Рыбозерской (Повечанка), Хаутаваарской (Игнойла) структур, доказана возможность получения талькового концентрата и применения его в промышленности. Талькосодержащие породы Карелии, в частности тальк-хлоритовые сланцы и их массивные разновидности месторождений Сегозерской группы, использовались в качестве облицовочного материала и для изготовления штучных изделий (так называемый «горшечный камень»), в измельченном виде в качестве наполнителя при изготовлении силикатных красок, сургуча, инсектофунгицидов и пр. Апробированы и другие направления использования: в качестве композиционных материалов, керамики, для изготовления обожженных прессованных изделий, в футеровке и пр. (Соколов, 1995). Но в настоящее время талькосодержащие породы Карелии не добываются, хотя ценность их свойств несомненна, а запасы представляются значительными.

Классификация проявлений талька и талькового камня Карелии

Проявления талькосодержащих образований Карелии, характеризующиеся различными обстановками

нахождения и направлениями использования полезного ископаемого, слагают два типа: апокарбонатный, с которым связана формация маложелезистых тальковых руд, и апоультрамафитовый, с ним связаны формации железистых карбонат-тальковых руд и тальк-хлоритового (горшечного) камня. Руды железистого талька приурочены к породам дунит-перидотитового ряда, тальк-хлоритовый камень – к породам, в основном, перидотит-пикритового ряда, отличающимся от первых по химическому составу более значительным содержанием Al_2O_3 (отражающим содержание хлорита). Обе тальконосные формации апоультрамафитового типа могут быть как пространственно разобщенными (в зависимости от исходного состава материнских пород), так и представлять собой характерную зональность в едином рудном поле, отражающую стадии произошедшего здесь метасоматоза.

Тальк-карбонатные образования апоультрамафитового типа представляют определенную ступень метасоматических преобразований высокомагнезиальных пород, и исследователи относят их к группе метасоматитов (Tuni et al., 1991; Куликова и др., 1994).

Геологическое строение Светлоозерской интрузии ультрамафитов

Светлоозерская субвулканическая интрузия, площадью около 9 км^2 , располагается в южной части Каменноозерской архейской зеленокаменной структуры. Интрузия относится к Вожминской группе никеленосных дифференцированных массивов лопия, приуроченных к основанию верхнеархейской осадочно-вулканогенной толщии вожминской серии – кумбуксинской свите. В составе последней широко развиты горизонты ультраосновных лав, являющиеся, вероятно, комагматами таких массивов.

Светлоозерская интрузия включает в себя два массива – Западно-Светлоозерский и Восточно-Светлоозерский (рис. 1). На современном денудационном срезе они находятся на расстоянии до $0,8 \text{ км}$ друг от друга и разделяются дислоцированной толщей туффитов средне-кислого состава. На глубине восточная часть интрузии соединяется с западной, где, вероятно, находится ее корневая часть – магмоподводящий канал. В обрамлении обоих массивов установлены горизонты коматитов. Это, в совокупности с изометрической формой массивов в плане, дает возможность предполагать, что Светлоозерская интрузия является силлом, внедрившимся в центр постройки ультраосновного вулканизма, образовавшего коматиты кумбуксинской свиты. Указанные особенности формирования интрузии вызвали различия в рудной специализации обеих ее частей. Западно-Светлоозерский массив, расположенный непосредственно над корневой частью интрузии, специализирован на медно-никелевые и тальковые руды, а слагающие его породы наиболее сильно изменены. В плане он имеет форму овала размером $2,5 \times 1,5 \text{ км}$, вытянутого по длинной оси в меридиональном направлении (рис. 2). Массив достаточно изучен скважинами до глубины $150\text{--}300 \text{ м}$, отдельные из них вскрыли контакты ульт-

трамафитов с вмещающими породами на глубине $500\text{--}600 \text{ м}$. Он сложен аподунитовыми, апооливинитовыми и апоперидотитовыми серпентинитами. Восточно-Светлоозерский массив, сформированный за счет удаленной от магмовыводящего канала части расплава, сложен, в основном, аподунитовыми серпентинитами и перспективен на хризотил-асбестовое оруденение.

Контакты ультрамафитов Западно-Светлоозерского массива с вмещающими их образованиями кумбуксинской свиты крутопадающие ($60\text{--}80^\circ$), обращены к центру массива. С востока и юга эндоконтакт представлен тальксодержащими породами мощностью $20\text{--}150 \text{ м}$ (в среднем 50 м). По геофизическим данным (нарушение корреляции ΔT) выделяются многочисленные разрывные нарушения различного порядка и возраста, которые зафиксированы мелкими дайками диабазов, диоритов, дацитов, зонами рассланцевания и метасоматоза, телами тальковых руд. Зоны дезинтеграции коренных пород (мощностью до $5\text{--}6 \text{ м}$) фиксируются преимущественно в центральной части массива, указывая на высокую проницаемость данного участка для гидротермальных растворов.

С поверхности массив перекрыт чехлом четвертичных отложений мощностью от $2,3 \text{ м}$ в центральной части до $40,0 \text{ м}$ в северной (в среднем – 11 м).

В пределах массива выделены три залежи тальковых руд, составляющие Светлоозерское проявление: Южная, Восточная и Центральная. Залежи характеризуются пластообразной формой, крутым залеганием (до $80\text{--}90^\circ$). Их протяженность $0,8\text{--}3,0 \text{ км}$, мощность от 5 м до 200 м (в раздувах может быть и более), прослежены на глубину до $300\text{--}500 \text{ м}$. Южная и Восточная залежи конформны по отношению к интрузии ультрамафитов, приурочены к тектоническим эндоконтактам массива. Центральная залежь отличается от вышеназванных более простым строением, повышенной мощностью. Качество руд высокое, в них меньше содержится вредных примесей. Залежь расположена в центральной части массива и в плане конформна крупной дайке пироксенитов. Наиболее мощная часть залежи с выдержанным высоким качеством руд находится в ее южной ветви, приуроченной к узлу тектонических нарушений. Здесь был предварительно оценен блок тальковых руд по категории C_2 сетью скважин $50 \times 50 \text{ м}$, глубиной $50\text{--}115 \text{ м}$, что позволяет условно классифицировать Светлоозерское проявление как месторождение. При более полном изучении качества полезного ископаемого на глубине выделенный блок при данной густоте сети можно было бы отнести к категории C_1 .

Таким образом, в центральной части Западно-Светлоозерского массива максимально проявлен тектонический фактор контроля талькового оруденения, что благоприятно сказалось на качестве руд и морфологии залежи. Запасы и ресурсы тальковых руд Светлоозерского проявления: C_2 – $2,9 \text{ млн. т}$, P_1 – $12,7 \text{ млн. т}$, P_2 – $7,4 \text{ млн. т}$, суммарные – 23 млн. т (по данным Карельской геологической экспедиции). Тальковые месторождения с запасами свыше 20 млн. т относятся по классификации И. Ф. Романовича (1974) к группе уникальных.

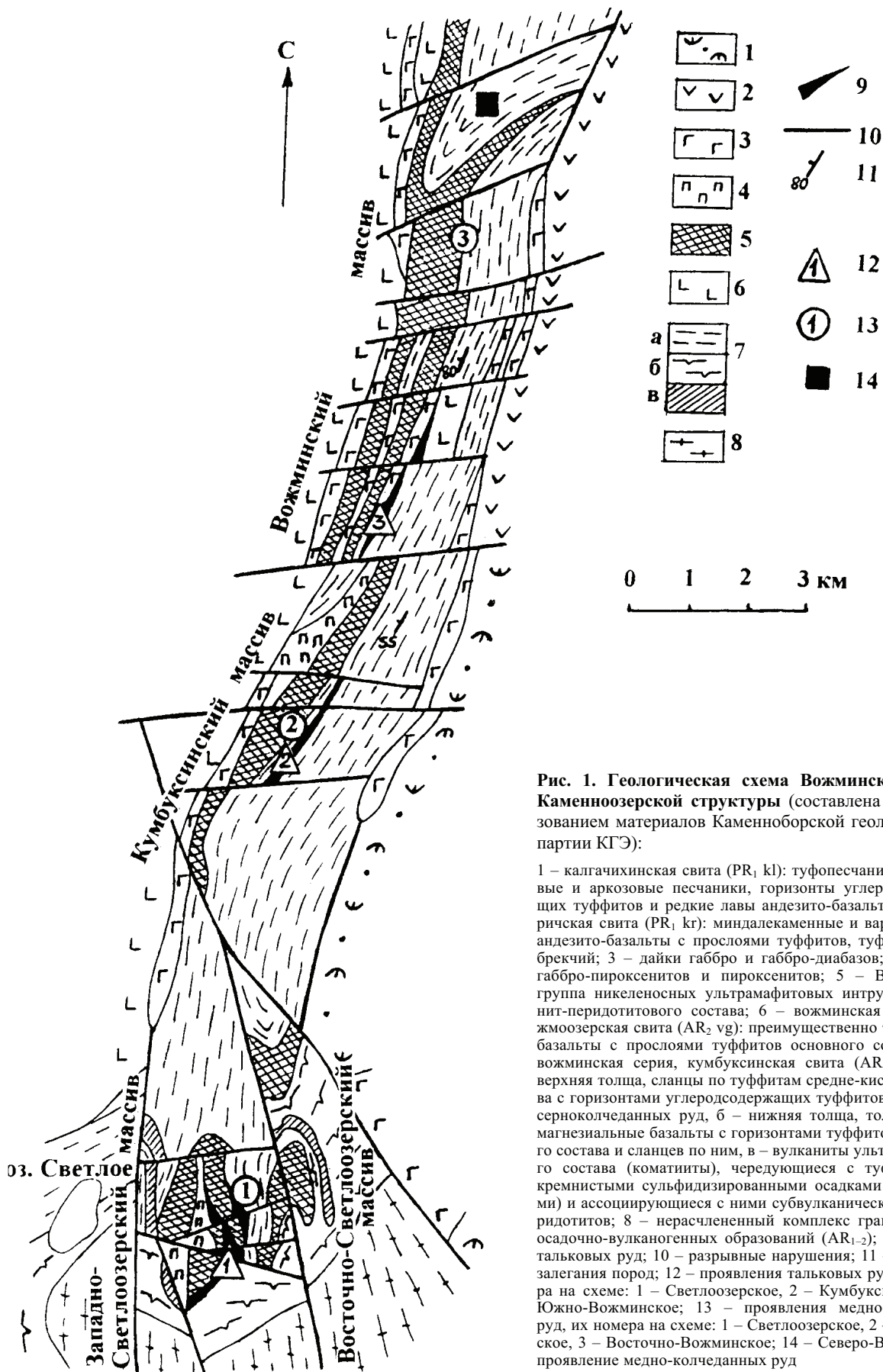


Рис. 1. Геологическая схема Возжинской ветви Каменноозерской структуры (составлена с использованием материалов Каменноборской геологической партии КГЭ):

1 – калгачихинская свита (PR₁ kl): туфопесчаники, кварцевые и аркозовые песчаники, горизонты углеродсодержащих туффитов и редкие лавы андезито-базальтов; 2 – киричская свита (PR₁ kr): миндалекаменные и вариолитовые андезито-базальты с прослоями туффитов, туфов и туфобрекчий; 3 – дайки габбро и габбро-диабазов; 4 – дайки габбро-пироксенитов и пироксенитов; 5 – Возжинская группа никеленосных ультрамафитовых интрузий оливинит-перидотитового состава; 6 – возжинская серия, вожноозерская свита (AR₂ vg): преимущественно толеитовые базальты с прослоями туффитов основного состава; 7 – возжинская серия, кумбуксинская свита (AR₂ km): а – верхняя толща, сланцы по туффитам средне-кислого состава с горизонтами углеродсодержащих туффитов и линзами серноколчеданных руд, б – нижняя толща, толеитовые и магнезиальные базальты с горизонтами туффитов основного состава и сланцев по ним, в – вулканы ультраосновного состава (коматиты), чередующиеся с туффитами и кремнистыми сульфидизированными осадками (кварцитами) и ассоциирующиеся с ними субвулканические тела перидотитов; 8 – нерасчлененный комплекс гранитоидов и осадочно-вулканогенных образований (AR₁₋₂); 9 – залежи тальковых руд; 10 – разрывные нарушения; 11 – элементы залегания пород; 12 – проявления тальковых руд, их номера на схеме: 1 – Светлоозерское, 2 – Кумбуксинское, 3 – Южно-Возжинское; 13 – проявления медно-никелевых руд, их номера на схеме: 1 – Светлоозерское, 2 – Лебяжинское, 3 – Восточно-Возжинское; 14 – Северо-Возжинское проявление медно-колчеданных руд

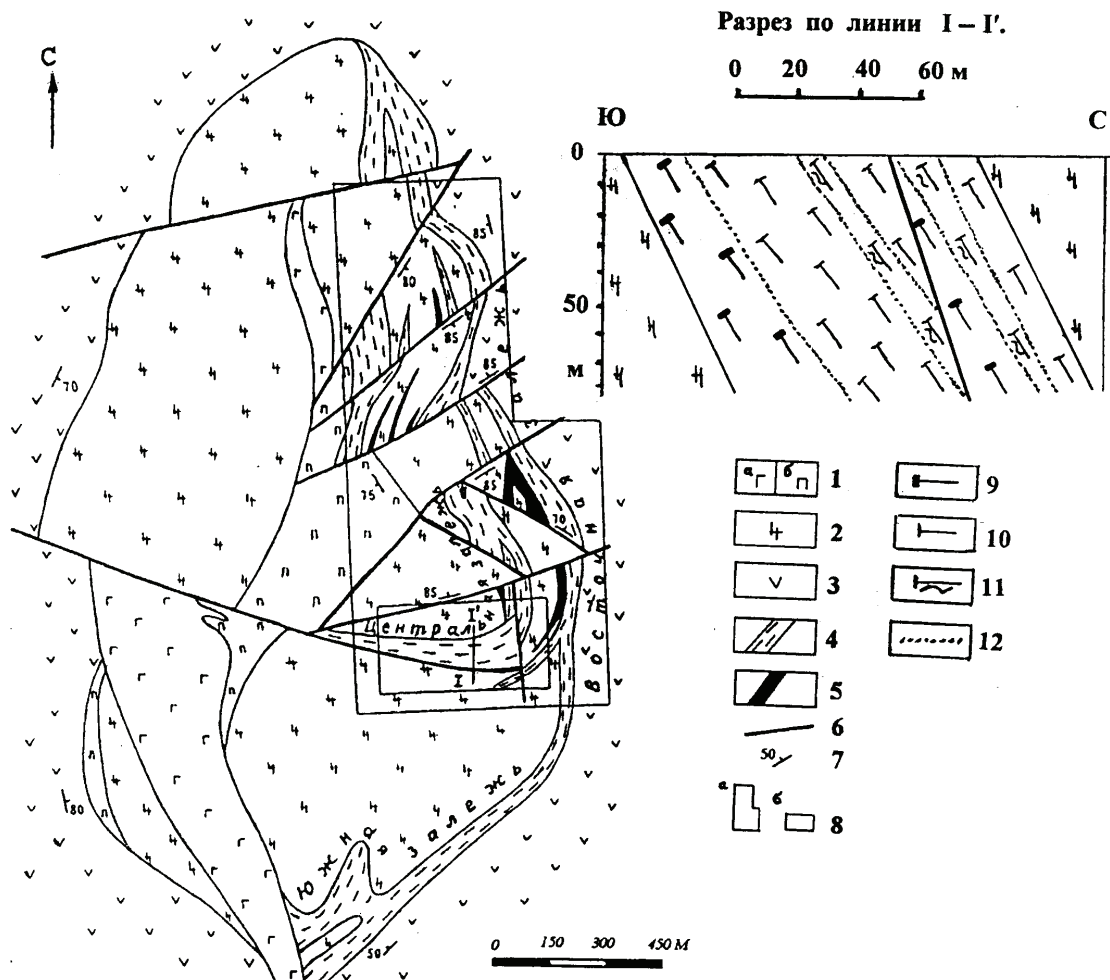


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Западно-Светлоозерского массива (составлена с использованием материалов Каменноборской геологической партии КГЭ):

1 – дайки габбро (а) и пироксенитов (б); 2 – серпентиниты; 3 – возжимская серия, кумбуксинская свита: metabазальты, метатафты и метатафты 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-карбонат-тальковые (тип III); 12 – фациальные границы природных типов тальковых руд

Этапы формирования Западно-Светлоозерского массива ультрамафитов

Этапность формирования Западно-Светлоозерского массива ультрамафитов, по данным Л. В. Кулешевич (1992), представляется следующей:

I этап, лотийский – образование тела ультрамафитов, внедрившегося в ранее сформированную вулканическую постройку. Формирование сингенетических медно-никелевых руд. Серпентинизация пород массива в результате постмагматического автометаморфизма и высокотемпературного зеленосланцевого метаморфизма эпидот-амфиболитовой фации.

II этап, позднелотийский – внедрение даек, заложение четырех крупных блоковых сегментов, проявление метасоматоза, вызвавшего формирование эпигенетических медно-никелевых залежей и тальковых руд. В образовании последних намечены две основные стадии. В первую стадию внедрение даек и тектоническая активизация вызвали возникновение в массиве зон высокой трещиноватости. Во вторую эти зоны, вероятно, обусловили переход к локальному низ-

котемпературному метаморфизму амфибол-хлоритовой фации и развитию низкотемпературных метасоматических процессов с привнесом углекислоты, что вызвало преобразование серпентинитов зон высокой проницаемости в тальковые руды.

III этап, постлотийский – оформление блокового строения массива за счет вертикальных движений по преимущественно субширотно ориентированным разломам. Наиболее активно третий этап проявился, вероятно, во время свекофеннского тектоно-магматического цикла. Структурный план массива, оформленный на этом этапе, отражается в современном рельефе и особенностях разреза рыхлых отложений, что можно объяснить унаследованным характером неотектонических движений.

Природные типы тальковых руд Западно-Светлоозерского массива, их генезис

По петрографическим характеристикам метасоматиты Западно-Светлоозерского массива подразделяются на серпентиниты, тальк-карбонатные образова-

ния (включая тальковые руды), хлоритолиты, карбонатные жилы, амфиболсодержащие тальковые образования (Куликова и др., 1994).

При изучении качества тальковых руд массива В. Н. Фурман и С. Н. Бобылева (1995 г.) на основе минералого-петрографического метода выделили четыре главных природных типа:

Тип I – карбонат-тальковые крупнозернистые, порфириобластовые; характерны унаследованные структуры. Порфириобласты карбоната имеют размеры от 3–5 мм до 10–15 мм и представлены чаще всего темно-серым магнезитом.

Тип II – карбонат-тальковые мелкозернистые. Отличается наложенной порфириобластовой и гранолепидобластовой мелкозернистой (реже среднезернистой) структурой. Зерна карбонатов здесь мельче (до 1–2 мм) и представлены, в основном, кристаллическим брейнеритом (магнезитом). II тип руд, вероятно, является метасоматически измененным типом I, где карбонаты становятся более железистыми.

Тип III – хлорит-(серпентин)-карбонат-тальковые разнозернистые, включающие три подтипа:

III-1 – хлорит-карбонат-тальковые крупнозернистые порфириобластовые,

III-2 – хлорит-карбонат-тальковые мелкозернистые,

III-3 – хлорит-(серпентин)-карбонат-тальковые разнозернистые.

Тип IV – карбонат-хлорит-тальковые мелкозернистые.

Среди карбонатов руд III и IV типов преобладает доломит.

В двух первых типах преобладают массивные текстуры, в остальных – сланцеватые и сланцеватополосчатые. В зависимости от содержания темноцветных минералов (магнетит, хлорит, серпентин и др.) окраска руд может меняться от светло-серой до серой с зеленоватым оттенком. Выветрелым рудам свойственна буроватая окраска с различными оттенками красного цвета из-за неравномерного распределения в них гидроксидов железа.

В строении залежей отмечается определенная зональность, но границы между природными типами руд имеют постепенные переходы.

Тальк – главный минерал во всех типах руд. Образует тонкочешуйчатые (пластинчатые, листоватые) агрегаты белого цвета, реже отдельные более крупные (до 1 мм) листоватые зерна; обычно находится в сростках с другими минералами. Второй по значимости минерал – магнезиальный карбонат (табл. 1).

С. Н. Бобылева установила, что на ранней стадии формирования руд образуется магнезит и тальк, а на поздней – доломит и хлорит.

Карбонат не является вредной примесью. Он легко отделяется при флотации и может рассматриваться как потенциально полезный компонент для промышленного применения.

К вредным технологическим примесям относятся темноцветные минералы: хлорит, серпентин, магнетит и сульфиды. Наиболее трудноотделимы при обогащении хлорит, образующий, как и тальк, листовато-чешуйчатые агрегаты, и магнетит, часто находящийся в сростках с тальком.

С учетом технологических факторов, к наиболее качественным рудам относятся руды II типа, где доля темноцветных минералов минимальная. К низкосортным по данному признаку отнесены руды III и IV типов.

Расчеты, проведенные одним из авторов, показали, что в Центральной залежи типы руд I–III составляют 98% ее объема и находятся в соотношении, близком к 1 : 1 : 1; на долю IV типа приходится 2%.

Подтипы внутри III типа руд и отличия между III и IV типами визуально трудноразличимы, они определены при петрографическом изучении и по результатам химического анализа. I, II, III типы руд уверенно выделяются при макроскопическом просмотре.

Минеральный состав Светлоозерских тальковых руд в целом соответствует составу финского эталонного образца (табл. 2).

Природные типы руд различаются содержаниями практически всех главных химических компонентов, кроме Fe₂O₃ и MnO (табл. 3). Выявлены следующие закономерности: увеличение содержания SiO₂ от природного типа I (среднее 31,71%) к типу IV (среднее 37,51%), пропорционально которому возрастают содержания Al₂O₃ (в среднем от 0,60% до 3,13%), TiO₂ (в среднем от 0,05% до 0,25%), CaO (в среднем от 1,33% до 5,37%) и обратно пропорционально уменьшается содержание MgO (в среднем от 32,0% до 25,32%). Закономерности химизма руд обусловлены изменением их минерального состава и особенностями условий их образования. Так, содержание хлорита определяется по Al₂O₃. Повышение содержания CaO с одновременным уменьшением MgO (в том числе кислоторастворимых) связано с увеличением концентрации в рудах кальциево-железистых карбонатов (доломит и другие) и, соответственно, понижением магнезита. Обратная пропорциональная зависимость между содержаниями MgO и SiO₂, вероятно, отражает характер привноса последнего в процессе формирования тальковых руд III и IV типов (лиственитизации). Наметившаяся обратная зависимость содержаний SiO₂ и потерь при прокаливании обусловлена уменьшением в рудах от I к IV типу количества талька и карбонатов.

Т а б л и ц а 1

Минеральный состав природных типов тальковых руд Центральной залежи Западно-Светлоозерского массива, об. %

Тип руд	n	Тальк			Карбонаты			Хлорит			Серпентин			Магнетит			Сульфиды		
		от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.	от	до	ср.
I	37	25	65	45	25	60	40	Ед. зн.	3	–	1	15	5	5	15	10	Ред. зн.	5	1
II	51	30	75	50	25	60	40	Ед. зн.	15	3	1	15	2	Ед. зн.	10	5	Ед. зн.	3	1
III-1	7	25	65	42	30	50	35	7	25	14	2	5	3	3	15	6	Ед. зн.	4	1
III-2	22	20	60	40	20	65	38	3	25	10	1	20	9	Ед. зн.	5	3	Ед. зн.	3	1
III-3	22	20	50	35	25	50	30	5	30	15	5	25	15	Ед. зн.	15	5	Ед. зн.	5	1
IV	7	15	60	37	4	50	32	20	35	30	–	–	–	Ред. зн.	3	1	Ед. зн.	3	1

П р и м е ч а н и е . По результатам поисковых работ Карельской геологической экспедиции; n – количество анализов.

Таблица 2

**Минеральный состав тальковых руд
Центральной залежи Западно-Светлоозерского массива
и финского эталонного образца, вес. %**

Минерал	Природный тип руд		Финский эталонный образец
	Тип I	Тип II	
	от-до среднее	от-до среднее	
Тальк	43,5–48,9 46,4	46,1–60,3 50,8	54,0
Магнезит (брейнерит)	32,7–44,6 38,1	28,1–46,8 39,4	35,2
Доломит	0,0–3,6 1,2	0,0–6,4 2,4	3,6
Хлорит	2,2–13,3 6,6	2,3–6,0 3,8	5,6
Магнетит	0,9–8,8 6,4	0,1–5,1 1,7	–
Хромшпинель	0,6–1,4 0,9	1,3–1,7 1,6	0,4
Сульфиды	0,0–0,8 0,4	0,1–0,9 0,3	1,2

Примечание. По данным аналитической лаборатории АО Оутокумпу.

Геохимические исследования тальковых руд проводились с целью получения дополнительной информации и для выявления вредных примесей. Полуколичественным спектральным анализом в отдельных скважинах установлено несколько маломощных интервалов (1–3 м) с аномальными содержаниями меди (0,1–1,0%), свинца (до 0,8%), цинка (до 0,1%), связанных с зонами сульфидной (халькопирит-пирротиновой) минерализации (преимущественно в рудах III–IV типов).

В образцах руд не выявлено аномальных концентраций мышьяка и других лимитируемых примесей. Установлена тенденция вхождения никеля и железа в состав талька. Их содержания, колеблясь в широких пределах, могут достигать аномальных значений.

В формировании вещественного состава, структурно-текстурных особенностей руд, морфологии их залежей выделяются три основных этапа.

Первый этап (дорудный) – метаморфическое преобразование ультрамафитов в серпентиниты, сопровождающееся разрывными деформациями. Серпентинизация ультрамафитов, начавшаяся на постмагматической стадии (автометаморфизм), продолжалась в процессе зеленосланцевого метаморфизма, по-разному выразившегося на прогрессивной высокотемпературной (эпидиот-амфиболитовой), а затем регрессивной – низкотемпературной (амфибол-хлоритовой) стадиях (Кулешевич, 1992).

Второй этап (рудный) – низкотемпературные метасоматические изменения серпентинитов в условиях регрессивного метаморфизма и высокого химического потенциала углекислоты, что локально проявилось в ослабленных тектонических зонах, где серпентиниты превращены в тальковые руды. На ранней стадии серпентиниты были преобразованы в карбонат-тальковые руды I и II природных типов. На поздней, в условиях кислотного выщелачивания, сопровождающегося привнесом SiO₂, Al₂O₃, CaO, из руд первых двух типов возникали новые минеральные ассоциации, образовавшие руды III, IV типов с множеством переходных разновидностей. При этом достаточно четко прослеживается тенденция изменения средних химических составов метасоматитов, выстраивающая их в следующий генетический ряд, отражающий динамику метасоматического процесса:

серпентиниты → тальковые руды: тип I → тип II → тип III → тип IV.

Главная особенность этого ряда заключается в убывании в породах слева направо содержания MgO и возрастании содержаний SiO₂, Al₂O₃, CaO. В качестве главного диагностирующего компонента, позволяющего во многих случаях определить границы между типами руд, выступает Al₂O₃, отражающий содержание в них хлорита (условная граница между типами руд по содержанию Al₂O₃ может проводиться в разрезе на уровне 1,0%). По нерастворимому остатку, отражающему содержание в породах не только талька, но и других силикатов, серпентиниты и все типы тальковых руд практически неразличимы между собой.

Третий этап (пострудный) – тектонический, для которого характерно блоковое перемещение отдельных участков массива и разрывные дислокации, осложняющие внутреннее строение залежей.

Залежи тальковых руд фиксируют определенный временной интервал тектоно-магматической и вулканической деятельности в пределах Каменноозерской структуры, который относят к ребольской тектоно-магматической эпохе лопийского ТМЦ (Кулешевич, 1992).

**Поисковые критерии руд железистого талька
в пределах Каменноозерской структуры**

В Карелии промышленно значимые проявления железистого талька были выявлены попутно при поисках залежей медно-никелевых руд, связанных с коматитами.

Таблица 3

**Средние химические составы природных типов тальковых руд и вмещающих серпентинитов Центральной залежи
Западно-Светлоозерского массива, вес. %**

Породы и типы руд	Кол-во определений	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	ппп	Нерастворимый остаток	Растворимые в HCl		
											Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Серпентиниты	30	32,85	0,05	0,78	12,30	0,64	34,32	0,11	18,41	54,64	5,03	0,45	17,87
Тип I	164	31,71	0,05	0,60	12,36	1,33	32,00	0,13	21,68	52,73	4,75	1,06	16,77
Тип II	168	30,09	0,06	0,76	11,46	2,37	31,30	0,22	23,33	49,36	4,76	2,07	17,17
Тип III	168	32,75	0,16	1,84	12,03	3,63	28,53	0,18	19,95	53,44	4,86	3,33	13,81
Тип IV	16	37,51	0,25	3,13	12,23	5,37	25,32	0,16	14,96	61,88	4,44	4,80	9,57
I–IV	516	31,80	0,10	1,17	11,95	2,53	30,39	0,18	21,38	52,27	4,79	2,26	15,65

Примечание. По результатам поисковых работ Карельской геологической экспедиции.

Каменноозерская реликтовая структура Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса, прослеживающегося на расстояние около 350 км (от оз. Сумозеро на северо-западе до оз. Кенозеро на юго-востоке) при ширине 50–90 км, является сложной по строению и разветвленной на две части – Кумбуксинскую и Вожминскую. За период с 1971 по 1998 г. в пределах указанной структуры Карельской геологической экспедицией выполнен большой объем поисковых и разведочных работ на никель. Исследования были сосредоточены, главным образом, в пределах Вожминского, Кумбуксинского, Светлоозерского массивов ультрамафитов Вожминской ветви (рис. 1), в Кумбуксинской зоне развития коматиитов и частично на смежных территориях. В результате были выявлены и предварительно оценены Восточно-Вожминское, Лебяжинское, Светлоозерское медно-никелевые месторождения, Золотопорожское и другие мелкие рудопоявления, Северо-Вожминское проявление медно-цинковых руд, ряд рудопоявлений серного колчедана, хризотил-асбеста, талька, золоторудная и хромовая минерализации.

На территории проводились гравиметрическая (масштаба 1 : 50 000), аэромагнитная (масштабов 1 : 50 000, 1 : 25 000), геохимическая (масштабов 1 : 50 000, 1 : 25 000) съемки, а также на отдельных участках геохимические поиски масштаба 1 : 10 000. В основу постановки поисков на никель положены магнитные аномалии с выявленными многочисленными ореолами и потоками рассеяния никеля, меди, кобальта. Те же критерии нужно принимать во внимание и при поисках талькосодержащих залежей, так как материнскими породами для талькообразования являются серпентинизированные ультрамафиты.

Замещение оливина серпентином может сопровождаться выделением значительного количества магнетита, что влечет за собой фиксацию магнитных аномалий. Гравиметрические методы могут давать результат благодаря различию удельного веса толщ ультрамафитов: удельный вес неизмененных оливиновых пород значительно выше, чем метасоматитов по ним. В то же время между метасоматитами (серпентиниты и тальк-карбонатные образования) различия менее выражены. Современная высокоточная аппаратура дает возможность эффективно совместить использование магнито- и гравиметрии при поисках тальковых залежей.

Геофизические и геохимические поисковые критерии имеют большое значение, так как коренные породы, как правило, перекрыты чехлом четвертичных отложений.

Важнейшим поисковым критерием руд железистого талька Каменноозерской структуры является *петрографический критерий*. Он определяет состав материнских

для талькообразования пород – высокомагнезиальные ультрамафиты верхнеархейского лопийского комплекса Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса.

Метаморфический критерий играет ведущую роль при формировании тальконосных полей, так как процессы метаморфизма обуславливают метасоматоз, приводящий к серпентинизации и оталькованию ультрамафитов. Поля формируются в обстановке проявления регионального метаморфизма различных фаций, локального, сопряженного с тектоническими активизациями, и контактового, связанного с магматической деятельностью. Интенсивность и глубина метасоматической проработки пород имеют решающее значение для качества тальковых руд, так как от этого зависит содержание в тальк-карбонатных образованиях хлорита, магнетита, сульфидов, а также наличие или отсутствие в рудных залежах реликтов вмещающих пород (серпентинитов).

Структурно-тектонические критерии определяют размещение тальконосных полей. Степень тектонической проработки территории и наличие зон повышенной проницаемости для гидротермальных растворов обеспечивают возможность метасоматических преобразований горных пород (в частности, на Светлоозерском тальковом проявлении залегание наиболее качественных руд Центральной залежи, резко отличающейся от залегания крыльев массива, контролируется серией разноориентированных разломов и конформно дайке пироксенитов).

Минералогические критерии отражают зональность рудного поля Каменноозерской структуры. В ходе проведенных поисковых работ на никель выявлены многочисленные признаки различного вида рудной и нерудной минерализаций.

Непосредственными *поисковыми признаками* талька Каменноозерской структуры является наличие *оталькованных пород* и *зон лиственнитизации* в немногочисленных коренных обнажениях Золотопорожского участка среднего течения р. Кумбуксы.

Полезные ископаемые Светлоозерского объекта и перспективы Каменноозерской структуры

Главным полезным ископаемым объекта являются тальковые руды Западно-Светлоозерского массива ультрамафитов.

Из физико-технических свойств тальковых руд изучались показатель белизны и плотность (табл. 4), попутно оценены электромагнитные параметры.

Белизна является одним из важнейших показателей качества тальковых руд и зависит от их минерального состава – содержания талька и примесей темноцветных минералов (магнетита, серпентина, хлорита и других).

Т а б л и ц а 4

Показатели белизны и значения плотности тальковых руд Центральной залежи Западно-Светлоозерского массива

Природный тип руд	Белизна, %				Плотность, г/см ³			
	Кол-во определений	Средний показатель	Вариации		Кол-во определений	Средний показатель	Вариации	
			от	до			от	до
I	47	66,8	60,0	73,0	17	3,01	2,83	3,15
II	56	71,6	59,5	78,5	18	2,95	2,72	3,06
III	55	68,6	61,5	76,5	19	2,95	2,71	3,02
IV	8	68,5	61,0	72,0	–	–	–	–
Среднее	–	68,8	–	–	–	2,97	–	–

П р и м е ч а н и е . По результатам поисковых работ Карельской геологической экспедиции.

Таблица 5

Сравнительные характеристики финталька

Показатели	Мюфилл 15	Мюталк 20	Мюсорб 5
Тальк	Состав минеральных веществ		
	>96% Не содержит в видимых соотношениях асбеста или кварца	96% Не содержит в видимых соотношениях асбеста или кварца	>96% Не содержит в видимых соотношениях асбеста или кварца
Химический анализ			
MgO	31%	31%	32%
SiO ₂	59%	59%	60%
Al ₂ O ₃	0,6%	0,6%	0,4%
Fe	1,6%	1,6%	1,6%
Fe, HCl-растворимый	0,2%	0,2%	0,2%
CO ₂	<1%	1%	<1%
H ₂ O ⁺	4,8%	4,8%	4,8%
pH	9 (Скан-П 48:83)	9	9 (Scan-P 48:83)
Химические свойства			
Потери при прокаливании	6,0% (Скан-П 40:80)	6,0% (ДИН 51 081)	6,0% (Scan-P 40:80)
Растворимость в воде	0,1%	0,1% (ДИН 53 197)	0,1%
Физические свойства			
Плотность	2800 кг/м ³	2800 кг/м ³ (ДИН 53 193)	2800 кг/м ³
Твердость (по Моосу)	1	1	1
Абразивность (Еинлехнер АТ 1000)	6 мг	–	5 мг
Белизна	86% (Елрепхо, ИСО) 457 нм	88% (ДИН 53 163)	87% (Елрепхо, ИСО) 457 нм
Абсорбция масла	45 г/100 г (АСТМ Д 281-31)	45 г/100 г (ДИН 53 199)	52 г/100 г (АСТМ Д 281-31)
Восприимчивость к загрязнениям	1%	–	–
Удельная площадь	–	6 м ² /г (ДИН 66 132)	10 м ² /г (БЕТ)
Влажность	–	<0,2%	–
Проводимость	–	0,05мСсм ⁻¹ (ДИН 53 208)	–

Показатель белизны руд Центральной залежи колеблется от 59,5% до 78,5%, в среднем составляя 68,8%. По средним показателям белизны природные типы руд различаются незначительно. В природном типе I он минимальный (66,8%), что объясняется более высокой примесью магнетита (до 10% в среднем), чем в других типах. Для природного типа II, характеризующегося минимальной примесью темноцветных минералов и высоким содержанием талька, этот показатель максимален (71,6%).

Показатель белизны финского эталонного образца магнетит-тальковой руды составляет 75,1% (по данным АО Оутокумпу, 1995 г.).

Технологические испытания светлоозерских тальковых руд в институте ВНИИнеруд (г. Тольятти, 1989 г.) показали возможность получения из них концентрата микроталька с белизной до 86%.

Анализ физико-механических свойств светлоозерского талька, проведенный в 1989 г. в ЦНИИ бумаги, показал, что он находится на уровне финталька, соответствующим лучшим сортам этой продукции на мировом рынке (табл. 5).

По технологической схеме, разработанной для светлоозерских тальковых руд (флотационно-магнитное обогащение и микронизация), может быть получен высококачественный тальковый безреагентный микронизированный концентрат – микротальк, используемый в производстве резинотехнических изделий и пластмасс, в керамической промышленности.

Плотность руд зависит от содержания карбонатов, имеющих наибольший вес относительно других минералов, и пористости. Отмечается тенденция роста этого показателя от III природного типа к I. В целом плотность тальковых руд несколько выше, чем вмещающих их серпентинитов, у которых среднее значение этого параметра составляет 2,85 г/см³.

Тальковые руды I и II природных типов почти до половины своего объема содержат магнезиальные карбонаты – магнетит или брейнерит. При переработке руд карбонаты, магнетит и другие минералы уходят в отвалы. В технико-экономических соображениях (ТЭС, 1989 г.) рассматривался вопрос о возможных направлениях использования отходов обогащения тальковых руд:

- для получения магнезиальных карбонатов,
- в качестве минерального порошка для асфальтобетонных смесей,
- как наполнитель в производстве линолеума и резины.

При технологических испытаниях большеобъемных проб тальковых руд можно будет решать вопросы об использовании содержащихся в них магнетита и сульфидов никеля.

Талькосоудержащие сланцы, аналогичные светлоозерским рудам III и IV типов, встречаются в коренных выходах Золотопорожского участка среднего течения р. Кумбуксы. В 1989 г. по заявке Надвоицкого алюминиевого завода материал сланцев поставлялся Каменноборской геологической партией КГЭ для изготовления ниппелей форсунок плавильных печей. Тонкомолотый порошок, полученный из этих пород, может находить применение как добавка, значительно улучшающая пластинчатость и формовочные свойства глинистого сырья. Так, при испытаниях суглинков и глин района д. Вокнаволок (Калевальский район) этот материал был добавлен в шихту, что позволило получить кирпич марки М-125–150 (по данным В. Н. Бонбенкова и В. Н. Фурмана, 1992 г.). В целом можно уверенно предполагать, что использование светлоозерских талькосоудержащих пород (включая тальковые руды всех типов) возможно в тех же направлениях, где апробировано

применение тальк-хлоритовых сланцев (горшечного камня) известных карельских и финских месторождений.

Промышленное значение для производства строительных и облицовочных материалов могут иметь вмещающие тальковое оруденение породы – серпентиниты, а листвениты Золотопорожского участка могут представлять интерес как декоративный материал.

В пределах Каменноозерской структуры выявлено несколько проявлений тальковых руд, им сопутствуют медно-никелевые залежи. В восточной части Западно-Светлоозерского массива ультрамафитов в серпентинитах и тальк-карбонатных породах локализована чечевицеобразная линзовидная залежь, сложенная густокрапленными сульфидными рудами (пирротин, пентландит, пирит (марказит), виоларит, халькопирит) с содержанием никеля от 0,2 до 0,5%, среди которых отмечаются богатые сульфидные жилы и прожилки мощностью от первых сантиметров до 1 м с содержанием никеля до 11,6%. Разведанные (по категории C₁) и предварительно оцененные (по категории C₂) запасы основных полезных компонентов при различных вариантах подсчета составляют (по данным В. М. Тытыка, 1997 г.):

- никеля от 15,6 тыс. т до 33,9 тыс. т при средних содержаниях его в руде 1,65% и 0,77% соответственно;
- меди от 1,9 тыс. т до 4,8 тыс. т при средних содержаниях в руде 0,20% и 0,11% соответственно;
- кобальта от 0,6 тыс. т до 1,3 тыс. т при содержаниях его в руде 0,06% и 0,03% соответственно.

Прогнозные ресурсы никеля по категории P₁ оценены в количестве от 9,0 тыс. т до 15,8 тыс. т, при среднем содержании его в руде 1,62% и 0,84% соответственно.

В пределах Каменноозерской структуры, кроме перечисленных видов полезных ископаемых, выявлены проявления медно-цинковых руд, серного кол-

чедана, хризотил-асбеста (в частности в Восточно-Светлоозерском массиве), точки минерализации золота, хрома. Все это, указывая на многообразие произошедших здесь геологических событий, может в перспективе представлять промышленный интерес.

Выводы

Новым и весьма перспективным экономическим направлением для Республики Карелия может стать организация на ее территории добычи руд железистого талька. Работами Карельской геологической экспедиции доказано, что микротальк, который можно получать из руд Светлоозерского и других подобных проявлений, не уступает по качеству лучшим мировым эталонам.

Архейские зеленокаменные пояса Карельского кратона несут в себе различные виды рудной и нерудной минерализации. В соответствии с ее специализацией они могут рассматриваться на предмет различного вида полезных ископаемых. Имея индивидуальные особенности, структуры поясов объединяются по общему признаку – наличию благоприятных породных комплексов для образования тальксодержащих пород.

При проведении геологических работ любых направлений в пределах структур зеленокаменных поясов представляется целесообразным исследовать их попутно на наличие залежей тальконосных образований.

Учитывая многообразие геологических процессов, способствующих талькообразованию, к выявленным тальковым проявлениям следует подходить как к комплексным объектам, что иллюстрирует Светлоозерское карбонат-тальковое и медно-никелевое комплексное месторождение, которое можно считать эталонным для зеленокаменных структур.

ЛИТЕРАТУРА

Гаранжа А. В. Тальк-карбонатные породы верхнеэтулийского осадочного комплекса (Центральная Карелия) // Месторождения промышленных минералов Фенноскандии: геология, экономика и новые подходы к переработке и использованию. Петрозаводск, 1999. С. 52–54.

Коматииты и высокомагнезиальные вулканииты раннего докембрия Балтийского щита / Отв. ред. О. А. Богатиков. Л., 1988. 192 с.

Кулешевич Л. В. Метаморфизм и рудоносность архейских зеленокаменных поясов юго-восточной окраины Балтийского щита. Петрозаводск, 1992. 267 с.

Куликова В. В., Фурман В. Н., Бычков А. Ю. и др. Петрохимические особенности тальк-карбонатных пород Западно-Светлоозерской залежи // Вопросы геологии, магматизма и метаморфизма докембрия Карелии: Опер.-информ. материалы. Петрозаводск, 1994. С. 46–50.

Металлогения Карелии / Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск, 1999. 340 с.

Романович И. Ф. Тальк. М., 1974. 80 с.

Соколов В. И. Тальк-хлоритовые сланцы Карелии и пути их комплексного использования. Петрозаводск, 1995. 128 с.

Kulikov V. S., Kulikova V. V. High-magnesian volcanic rocks of the Precambrian in the Russian Fennoscandia // Proceeding of International Workshop “Deep-seated magmatism, magmatic sources and the problem of plumes”. Vladivostok, 2002. P. 118–131.

Niemela M. Talc-magnesite deposits in Finland // Mineralia Slovaca, 33 (2001). P. 561–566.

Precambrian industrial minerals of Karelia / Ed. V. Shchiptsov. Petrozavodsk, 1993. 84 p.

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.

Vesalalo A. Talc schists and soapstone occurrences of Finland // Bull. Comm. Geol. Finland. 1965. N 216. 75 p.