

П. В. Фролов

К ВОПРОСУ О ЗНАЧИМОСТИ ПРИЗНАКОВ ТАЛЬКООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ (НА ПРИМЕРЕ ГРАНИТ- ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА)

Введение

Тальк образуется в природе в относительно широком диапазоне температур (200–500 °С) и давлений (1–10³ МПа) (Романович, 1974). Тальковым преобразованиям могут подвергаться самые различные по составу породы (от ультраосновных до кислых) при привносе недостающих соответствующих компонентов (СО₂, SiO₂, MgO).

На территории Карелии при поисках медно-никелевых руд работами Карельской геологической экспедиции были попутно открыты проявления талькового сырья (Фурман и др., 1989, 1995; Фурман, Афонина, 1995). Затем обозначилось и тальковое направление поисков.

В процессе работ на различные виды минерального сырья (золото, алмазы и др.) в пределах зеленокаменных структур Карельского кратона исследователями нередко отмечались многочисленные признаки талькосодержащих образований. Талькообразование является процессом, характерным для породных комплексов зеленокаменных структур. Масштабы талькообразования зависят от ряда геологических факторов. Значимые объекты талькового сырья могут возникнуть при определенной их совокупности в полях развития перидотитовых коматиитов. Но процессы талькообразования имеют место и в пироксенитовых коматиитах, пикритах, магнезиальных базальтах, интрузивах мафит-ультрамафитового состава.

Тальк – вторичный минерал метаморфогенного либо метасоматического происхождения. Не образуясь одновременно с медно-никелевыми рудами, золотом, алмазами (так как РТ-условия образования рудообразующих минералов существенно отличаются), тальк может быть связан с указанными компонентами в *парагенезисе последовательного формирования* – в результате наложенных процессов. Генетическая связь может заключаться в структурно-тектоническом, петрографическом, стратиграфическом контроле.

Некоторые аспекты минерогении тальконосных полей зеленокаменных структур

Осадочно-вулканогенные комплексы зеленокаменных структур, состоящие снизу вверх по разрезу из мафитов базальтового плато, мафит-ультрамафи-

товой вулканогенной толщи, колчеданных горизонтов, хемогенных кварцитов, маркируют углеродистые сланцы. Тальковым преобразованиям, в первую очередь, подвержены высокомагнезиальные породы – ультрамафиты оливинитового и перидотитового ряда, в меньшей степени – пироксенитового и пикритового.

Материнскими для талькосодержащих образований породами являлись высокомагнезиальные лавы – перидотитовые коматииты, излившиеся в океанических условиях и преобразованные в процессе автаморфизма в серпентиниты. В последующем серпентиниты в условиях регрессивного метаморфизма были преобразованы в тальк-карбонатные породы под действием привнесенной из верхней мантии по зонам разломов глубинного заложения углекислоты. Позднее по этим зонам могли внедряться дайки различного состава (например, дайка габброидов вблизи финского месторождения талькового камня Верикаллио, дайки габбро и пироксенитов на Светлоозерском объекте восточной Карелии). Для геологических разрезов Финляндии, включающих залежи тальк-карбонатных пород (верхнеархейские комплексы зеленокаменного пояса Суомуссалми-Кухмо и нижнепротерозойские сланцевого пояса Кайнуу), характерно повсеместное присутствие маркирующих углеродсодержащих («черных») сланцев, венчающих вулканогенно-осадочные толщи зеленокаменных структур (на карельской части кратона сохранились эпизодически).

Залежам тальк-карбонатных пород в ряде случаев сопутствует сульфидно-никелевая минерализация (возможны даже пространственно совмещенные никелевые месторождения – карельские объекты Каменноозерской структуры) (Фурман и др., 1989, 1995). Сульфидно-никелевые залежи зеленокаменных поясов, как и залежи талькового сырья, контролируются зонами разломов глубинного заложения.

Внедрение гранитоидов по зонам тектонических нарушений с привносом кремнезема и глинозема (либо последующие гидротермальные процессы соответствующей специализации без внедрения интрузий) приводило к видоизменению тальк-карбонатных

образований и менее измененных серпентинитов в талькосодержащие породы более сложного минерального состава – с хлоритом, амфиболом и др. (месторождения и проявления талькового камня Сегозерской группы, объекты Костомукшской зеленокаменной структуры).

Тальк-хлоритовые породы месторождения талькового камня Сегозерской группы Каллиево-Муренанваара связаны с ультрамафитами перидотит-пикритового ряда. Серпентинизированные породы пикритовой части разреза практически не подверглись тальковым изменениям. Продуктивной на тальковый камень толщей явились перидотитовые коматииты, залегающие под пикритами, которые были преобразованы в тальк-карбонатные породы под действием углекислоты, а затем в тальк-хлоритовые при воздействии кремнезема и глинозема, – последнее являлось следствием гранитообразования.

В пределах Костомукшской зеленокаменной структуры, кроме того, имеют место проявления тальк-тремолит-доломитового камня в районе участка Таловейс, в непосредственной близости от гранодиоритового штока. Данный минеральный парагенезис также характерен для вмещающих тальковые объекты ультрамафитовых комплексов, расположенных на сравнительно небольшом удалении от гранитоидных массивов в толщах пород, претерпевших метаморфизм зеленокаменной стадии (Коренбаум, 1967).

Талькообразование и генетическая связь талькосодержащих пород с рудными и нерудными полезными ископаемыми

Высокомагнезиальное сырье

Признаки значительного талькообразования указывают в первую очередь на наличие высокомагнезиальных ультрамафитов в породных комплексах. Высокомагнезиальные породы могут представлять объекты нерудных полезных ископаемых. Наличие талькосодержащих пород является *прямым поисковым признаком* на тальковый камень, тальковые руды и, во многих случаях, существенно серпентинизированные породы ультраосновного состава (серпентиниты). При достаточных масштабах и соответствующих кондициях тела указанных видов сырья могут являться объектами месторождений полезных ископаемых:

– области применения талькового камня связаны с его теплоаккумулирующими свойствами, легкостью механической обработки, устойчивостью к агрессивным средам и др.;

– тальк совершенно необходим в самых различных направлениях человеческой деятельности, – в технике он играет незаменимую роль, кроме того, используется в медицинской, пищевой, бумажной и других отраслях промышленности;

– серпентиниты, кроме известных направлений их применения как строительного материала (обли-

цовочный камень, материал для керамики, огнеупоров), химической промышленности (производство удобрений, высокодисперсного кремнезема) и других (Рылеев и др., 1990), находят свое применение в нанотехнологиях и триботехнике (Ващёнок и др., 2002) – на их основе получены составы для обработки трущихся поверхностей, безразборной технологии ремонта машин и механизмов.

Республика Карелия является потенциальной минерально-сырьевой базой талька и талькового камня в Северо-Западном экономическом регионе России (Фролов, 2003; Минерально-сырьевая база..., 2006).

Маложелезистый тальк апокарбонатного типа связан с горизонтами магнезиально-карбонатных пород в терригенно-карбонатно-глинистых отложениях туломозерской свиты верхнего ятулия (онежская серия нижнего протерозоя). Тальковый камень и железистые карбонат-тальковые руды Карелии локализованы в поле развития ультрамафитов вулканогенных толщ верхнеархейских (лопийских) зеленокаменных структур. На финской территории тальковые руды добывают из ультрамафитов нижнепротерозойского сланцевого пояса Кайнуу.

Тальковый камень финских месторождений Нунналаhti, Кианта Стоун, Верикаллио по главным параметрам соответствует тальк-магнезит-брейнеритовому камню ряда объектов Карелии (Светлоозерский, Повенчанка, Игнойла и другие); породы последних были апробированы и в качестве тальковых руд (Фролов, 2003; Фролов, Фурман, 2003).

Тальковые руды верхнеархейских ультрамафитов Светлоозерского объекта по минеральному составу аналогичны нижнепротерозойским рудам объектов сланцевого пояса Кайнуу Финляндии. Для сравнения пород лабораторией АО «Оутокумпу» был выбран «эталонный» финский образец (Фролов, Фурман, 2003). Основное отличие карельского талька – более высокая железистость и содержание магнетита в рудах до первых процентов (в финском «эталонном» образце магнетит практически отсутствует). Медно-никелевая минерализация присутствует в обоих случаях. Возможно, главные по масштабам процессы талькообразования в границах Карельского кратона происходили в нижнем протерозое.

Генетическая связь с никелем

На примере никелевых месторождений Западной Австралии рядом исследователей строились модели месторождений, связанных с образованиями коматиитовой серии (Заскинд и др., 1979). При проектировании поисковых работ на никель Карелии в основу была взята модель западноавстралийского месторождения Камбалда (Фурман и др., 1989).

Сульфидные медно-никелевые руды в коматиитах представляют группу ликвационных образований. Пространственно и генетически связаны с ультрамафическими породами коматиитовой серии, являющимися производными обогащенной магнием перидотитовой магмы.

По геологическим условиям образования медно-никелевые месторождения в коматиитах можно условно разделить на три типа: эффузивные удаленной и околожерловой (дистальный и проксимальный типы) и интрузивные субвулканической фаций.

Геологический разрез в районе Камбалды состоит из трех толщ: нижней толеит-базальтовой, средней ультрамафитовой и верхней коматиит-базальтовой. Собственно рудовмещающей является средняя толща.

При разделении ультрамафитов на типы австралийские геологи (Гровс, 1982) основываются, главным образом, на содержании MgO и в меньшей степени на петрографической характеристике пород. Выделяются пикриты (20–28 мас. %), перидотиты (28–36 мас. %) и оливиновые перидотиты (более 36 мас. %). Последние, как правило, содержат более 60% оливина. Они представляют кумулятивную часть потока (кумулятивные фазы – оливин и аксессуарный хромит) и могут быть продуктивными на медно-никелевые руды. В кровле потоки несут маломощную (до 2–10 м) зону пород со спинифекс-структурами.

Минеральный состав руд: главные минералы – пирротин и пентландит, второстепенные – халькопирит, магнетит и хромшпинелид. Местами в рудах в значительных количествах могут встречаться пирит и миллерит в ассоциации с магнетитом. В геохимическом отношении руды маломедистые.

Размещение продуктивных для никелевых руд зон контролируется троговыми структурами в подошве ультраосновной толщи. Это довольно узкие структуры шириной до первых сотен метров и протяженностью до первых километров, сложной морфологии, в поперечном сечении имеющие форму грабенов или обратных грабенов, либо неправильной формы «залитов» в подстилающие базальты. Некоторая часть троговых структур является топографическими депрессиями в базальтовом ложе, на которое изливались ультраосновные лавы.

Сульфидно-никелевые месторождения зеленокаменных поясов контролируются зонами разломов глубинного заложения.

Учитывая мировой опыт, можно сделать вывод: никелевые месторождения коматиитового типа встречаются в позднеархейских зеленокаменных поясах, возраст которых оценивается в $2,8 \pm 0,1$ млрд лет и в структурах раннего протерозоя. Вероятно, именно в эти периоды магма имела соответствующую специализацию благодаря ликвационным процессам на больших глубинах. Вышеперечисленному соответствуют верхнеархейские зеленокаменные пояса Сумозерско-Кенозерский, Суомуссалми-Кухмо, нижнепротерозойский сланцевый пояс Кайнуу.

В пределах Каменноозерской зеленокаменной структуры Сумозерско-Кенозерского пояса выявлены никелевые проявления Светлоозерское, Лебяжинское, Восточно-Вожминское. С ними пространственно совмещены и объекты тальк-карбонатного камня. Пространственное совмещение объясняется ликваци-

онными процессами. Происходит гравитационная садка сульфидов, ликвация магмы, в результате в кумулятивной части концентрируется наиболее магнетиальная – оливинитовая и перидотитовая – составляющая ультраосновной магмы, в благоприятных геологических и физико-химических условиях являющаяся исходным субстратом для материнских пород тальковых объектов.

Так, например, 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%. Средние содержания меди в руде – 0,1–0,2%, кобальта – 0,03–0,06%. На Каменноозерской площади, кроме перечисленных видов полезных ископаемых, выявлены проявления медно-цинковых руд, серного колчедана, 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 (Фролов, Фурман, 2003).

Светлоозерский объект можно считать комплексным месторождением. Главным по значимости (имеются в виду качество, масштабы) полезным ископаемым является тальк-карбонатный камень, который можно рассматривать как тальковый камень и тальковые руды. С тальковыми рудами пространственно совмещены сульфидные никелевые руды. В момент формирования субвулканической интрузии и излияния коматиитовых потоков образовались сингенетические пирротиновые руды. В процессе метасоматического преобразования перидотитовых коматиитов в серпентиниты и тальк-карбонатные породы происходило перераспределение химических элементов в породах и изменение их минерального состава, в результате образовались эпигенетические виоларит-миллеритовые руды.

Генетическая связь с золотом

Предполагается генетическая связь талькообразования с золотом. Структуры рудных полей могут быть общими. Как золоторудная минерализация, так и процессы талькообразования связаны с зонами разломов глубинного заложения. Внедрение интрузий средне-кислого состава может определять типы золотой минерализации, а также минеральный состав и качество талькового камня. Так, в пределах Костомукшской зеленокаменной структуры, в районе золоторудного объекта порфирирового типа Таловойс выявлено не менее трех объектов талькового камня предположительно промышленного масштаба, состав которого существенно варьирует (работы силами

ИГ КарНЦ РАН в рамках программы приграничного сотрудничества TACIS).

Процессы лиственитизации ультраосновных пород происходят вслед за талькообразованием. При этом кроме метасоматических изменений минералов происходит и перераспределение рудных компонентов. Листвениты нередко являются золотоносными (Сазонов, 1975).

Золоторудный объект Рыбозеро Южно-Выгозерского зеленокаменного пояса относится к золото-сульфидно-кварцевой прожилково-вкрапленной стратиформной рудной формации в коматиитах, базальтах и алюмокремнистых породах (Иващенко, 2006). В метасоматитах выявлено два крутопадающих линзовидно-пластовых рудных тела с прожилково-вкрапленным оруденением. Одно из них – среди лиственитизированных ультрамафитов хлорит-тальк-карбонатного состава. Имеет среднюю мощность 1,5 м, прослеживаясь по простиранию на 850 м и падению 300 м. Оруденение представлено золотоносными сульфидами, реже самородным золотом. Содержание золота – от 1,4 до 3,87 г/т (Минерально-сырьевая база., 2005).

Другим примером может служить Золотопорожский участок Каменноозерской зеленокаменной структуры (проявление талькового камня), хотя золотая минерализация проявлена здесь незначительно. Теоретически предлагается построение следующей метасоматической колонки: неизменные ультраосновные породы (оливиниты, дуниты, перидотиты и др.) → серпентиниты → тальк-карбонатные породы → тальк-карбонат-хлоритовые сланцы → кварц-карбонат-тальк-хлоритовые породы полосчатые (за счет кварц-карбонатных и тальк-хлоритовых обособлений) → листвениты → кварцевые жилы (Фролов и др., 2004).

Тела ультраосновных пород нижней части кумбуксинской толщи картируются здесь по данным магниторазведки положительными аномалиями и отмечаются в многочисленных обнажениях вдоль обоих бортов реки Кумбуксы.

Ультрамафиты, как правило, превращены в карбонат-тальковые, хлорит-карбонат-тальковые (тальк-карбонатные, карбонат-тальк-хлоритовые) рассланцованные породы, реже представлены массивными серпентинитами.

Со стороны лежащего бока пластовых тел тальк-содержащих пород отмечаются линзы зеленовато-серых и серых лиственитов (мощностью до 5–7 м в раздувах, протяженностью до 50 м). В первых из них наряду с кварц-карбонатными линзовидными обособлениями присутствует оторачивающая их зеленая слюдка – фуксит. Вторые (серые) сложены кварцем и карбонатом и имеют массивный облик; с ними ассоциируют кварцевые жилы.

По простиранию зеленых лиственитов встречены выходы кварц-хлорит-карбонатных пород с порфиробластовой структурой (по зернам карбонатов), содержащих миллерит-пиритовую минерализацию

(миллерит тонкоиглочатый, можно увидеть в аншлифах; пирит кубический, до 1 мм в поперечнике, содержание до 5%; содержание никеля – до 2% – рассматривается как богатая никелевая руда, масштаб запасов весьма незначительный).

Серые листвениты отмечены в небольшом коренном выходе. Залегают в контакте с карбонатизированными, оталькованными породами и прорываются жилой молочно-белого сливного кварца (до 0,5 м мощностью) с включениями кристаллов крупного кварца, карбонатов (доломита или анкерита).

Все отмеченные образования представляют собой члены единой гидротермально-метасоматической колонки лиственитизации ультрамафитов, развивающейся вдоль зон тектонических нарушений (по результатам изучения обнажений и керна скважин масштаб этого процесса незначителен). Карбонат-, тальк-, хлоритсодержащие (и другие) породы могут рассматриваться как промежуточные разности процесса; нулевым членом колонки лиственитизации являются серпентиниты, а крайними (завершающими) – собственно листвениты и кварцевые жилы.

Содержание золота в кварцевых жилах в среднем не превышает 1% (Фурман, Фролов, 2002).

Можно считать, что наличие кварцевых жил, линз, гнезд в ультраосновных породах (особенно с признаками оталькования) может являться одним из возможных поисковых признаков на золото.

Тальксодержащие породы как дополнительный поисковый признак при поисках алмазов

При поисках алмазонасных объектов Карелии отряды Карельской геологической экспедиции в качестве главного метода использовали шлиховое опробование, позволяющее изучать ареолы рассеяния минералов-спутников алмазов (пироп, пикроильменит, хромдиопсид, хромшпинелид). Использовался также и валунный метод, дополняющий шлиховой на макроуровне.

Наличию в обломочном материале оталькованных пород следует уделять повышенное внимание, особенно в зонах шлиховых и магнитных аномалий, – ультраосновные кимберлитовые породы (особенно древние кимберлиты – например, нижнепротерозойские объекта «Кимозеро») большей частью были серпентинизированы и подвержены оталькованию в различной степени.

В зонах повышенного талькообразования проявлен *структурно-тектонический фактор*, определяющий структуру тальконосных полей (зоны разломов, узлы их пересечений). *Те же самые зоны разломов глубинного заложения могут определять и структуры кимберлитовых полей.*

Тальксодержащие образования и геоморфология

Тальксодержащие образования, достаточные по геометрическим размерам, часто отражаются геоморфоло-

гически. Если в топографических превышениях имеют место коренные выходы серпентинизированных пород, а в непосредственной близости расположены плоские пониженные (обычно заболоченные) равнины, здесь с большой долей вероятности может располагаться объект талькового камня. При этом серпентиниты могут представлять собой вмещающие породы (например, слабо оталькованные пироксенитовые коматииты) либо серпентинитовые ядра в теле тальксодержащих образований (проявления талькового камня в районе золотородного объекта Таловейс и др.).

Иногда может иметь место и «обратный» рельеф. Сильно оталькованные (до тальк-карбонатных) породы в ряде случаев выходят на поверхность в виде узких и не очень протяженных гряд (шириной от первых метров до самых первых десятков метров, протяженностью до нескольких десятков метров; пример – Вожемское проявление серпентинитов и талькового камня Центральной Карелии). В формировании такого рельефа главную роль, очевидно, играют процессы неотектоники.

Роль признаков оталькования при геологическом картировании ультрамафитов

При геологическом картировании древних ультрамафитов наличие признаков оталькования может играть существенную роль.

Коматииты лопийских зеленокаменных структур метаморфизованы и подверглись вторичным изменениям: начело серпентинизированы, в различной степени оталькованы. Коматиитовые потоки разделяются по текстурным признакам – автобрекчии, шаровая отдельность, в кровле потоков – структуры спинифекс. В благоприятных для талькообразования условиях ультрамафиты имеют разную степень оталькования в зависимости от магнетиальности первичной породы. Если серпентинизированные перидотитовые коматииты существенно оталькованы (до тальк-маг-

незит-брейнеритовых пород), пироксенитовые нередко могут быть лишь серпентинизированы с небольшой степенью оталькования (характерный пример – участок Таловейс Костомукшской зеленокаменной структуры). По степени оталькования в подобных случаях можно уверенно расчленять дифференцированные потоки лав ультраосновного состава.

Дайки ультраосновных пород, прорывающие вулканогенно-осадочные толщи лопия, как правило, полностью серпентинизированы и в меньшей степени оталькованы (Золотопорожский участок Каменноозерской зеленокаменной структуры, участок «Уросозеро» Центральной Карелии, расположенный в западной части Уросозерской структуры и другие). Вероятно, для оталькования ультрамафитовых интрузивов требуются более энергетически интенсивные процессы, чем пород лавовых фаций. Признаки и степень оталькования, наряду с геоструктурными и структурно-текстурными факторами, помогут установить фациальную принадлежность ультраосновной породы.

Таким образом, в полях развития тальксодержащих образований *степень оталькования пород* может являться одним из ведущих признаков для картирования мафит-ультрамафитовых комплексов.

Заключение

Процессы талькообразования могут дополнять процессы образования рудных месторождений – медно-никелевых, алмазов, золота и других.

Структуры тальконосных полей могут соответствовать полям развития рудовмещающих образований.

Поэтому признаки талькообразования возможно считать «универсальным» поисковым признаком – прямым для объектов талькового камня, тальковых руд, серпентинитов и косвенным для рудных объектов, связанных с ультрамафитами, и алмазонасных кимберлитовых пород.

ЛИТЕРАТУРА

Вацёнок А. В., Казарезов В. В., Таловина И. В., Костенко В. В. Серпентиниты в триботехнике // Аналитические идеи, методы, технологии. Вып. 1. СПб., 2002. С. 43–50.

Гровс Д. Медно-никелевые сульфидные месторождения Западной Австралии // Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. 8. М., 1982. С. 99–112.

Заскинд Е. С., Кочнев-Первухов В. И., Юдина В. В. Некоторые особенности докембрийских никеленосных структур // Труды ЦНИГРИ. Вып. 144. М., 1979. С. 18–28.

Иващенко В. И. Золото Фенноскандии – металлогения и перспективы золотоносности территории Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 84–111.

Коренбаум С. А. Минеральные парагенезисы тальковых месторождений. М., 1967. 280 с.

Минерально-сырьевая база Республики Карелия / Под ред. В. П. Михайлова и В. Н. Аминова. Петрозаводск, 2005. 278 с.

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

Романович И. Ф. Тальк. М., 1974. 77 с.

Рылеев А. В., Пудовкин В. Г., Соколов В. И. и др. Отчет по теме № 100: Геологическое и технологическое изучение новых промышленных минералов и горных пород Карелии с целью их комплексного использования и охраны окружающей среды. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 1990. 71 с.

Сазонов В. Н. Лиственины и оруденение. М., 1975. 172 с.

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

Фролов П. В., Фурман В. Н. Светлоозерское проявление руд железистого талька – эталонный объект комплексных месторождений зеленокаменных поясов Карелии // Геоло-

гия и полезные ископаемые Карелии. Вып. 6. Петрозаводск, 2003. С. 58–66.

Фролов П. В., Иванов А. А., Фурман В. Н. Геологические условия образования различных типов талькового сырья Карельского кратона // Рудные и нерудные полезные ископаемые: XIV Геологический съезд Республики Коми. Сыктывкар, 2004. С. 235–236.

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.

Фурман В. Н., Фролов П. В. Отчет о результатах геохимических поисков золота, выполненных на части площади объекта «Кивиярви» в 2001 г. // Фонды АО «Кивиярви» в КГЭ. Петрозаводск, 2002.

Фурман В. Н. и др. Отчет о результатах поисков медно-никелевых руд, связанных с коматиитами в Каменноозерской структуре за 1985–1989 г. // Фонды КГЭ. Петрозаводск, 1989.

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.