

Д. С. Рыбаков

СРЕДНЯЯ ПАДМА: ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Месторождение комплексных (селен)-уран-благороднометалльно-ванадиевых руд Средняя Падма (Среднепадминское месторождение) расположено в центральной части Заонежского полуострова в 4 км к северо-востоку от пос. Великая Нива. В 1995 г. закончилась предварительная разведка месторождения. Оставлен горный участок законсервированной разведочной шахты с промплощадкой размером 200 × 200 м и уклоном 0,5° в сторону р. Падмы, протекающей в 500 м восточнее.

Как и в других подобных месторождениях Заонежья (падминская группа), оруденение локализовано в пачке шунгитсодержащих сланцев и шунгитовых алевролитов нижней подсвиты заонежской свиты и тяготеет к контакту с подстилающими доломитами туломозерской свиты (Металлогения Карелии, 1999). В районе месторождения распространены также породы габбро-диабазовой формации.

Продуктивные зоны представляют собой ореолы окolorудных изменений пород, развитых вдоль продольных субгоризонтальных зон объемного дробления (катаклаза, брекчирования, трещиноватости) алевролитов и сланцев (Металлогения Карелии, 1999).

Среднепадминское месторождение относится к урановому типу, с которым связывают первичные геохимические ореолы U, Ag, Pb, Zn, Cu, Mo, Co, Ni, V, As (Справочник..., 1989). Анализ показывает, что для исследуемого объекта данный список может быть дополнен Bi, Se, Re, Cr, Ba, Li и другими элементами (Металлогения Карелии, 1999; Оценка..., 2001; Прогнозная оценка..., 2001).

В районе месторождения коренные породы перекрываются ледниковыми четвертичными отложениями (пески, супеси, суглинки и глины) мощностью от 5 до 50 м. На значительной части они перекрыты торфяно-болотными (низинными) отложениями мощностью от 0,5 до 6 м (Прогнозная оценка..., 2001). Последние характеризуются высокой сорбционной способностью торфов и вследствие этого могут накапливать в высоких концентрациях различные токсичные элементы (Оценка..., 2001).

На участках, примыкающих к промплощадке месторождения, развиты торфяно-(торфянисто)-болотные почвы и буроземы глеевые, определяю-

щие кислый глеевый класс геохимических ландшафтов.

Учитывая характер коренных пород и четвертичных отложений данного участка, следует предположить резкий контраст геохимических обстановок в поверхностной части ландшафта, с одной стороны, и на глубине, с другой. Так, подземные воды Среднепадминского месторождения, по данным Г. С. Бородулиной и С. И. Мазухиной (Прогнозная оценка..., 2001), имеют слабощелочную и даже сильнощелочную реакцию (рН достигает 9,75). Наличие песчаных и супесчаных отложений, перекрывающих коренные породы, предполагает приуроченность к более кислой среде. Глины и суглинки служат экраном для водных потоков, что ведет к заболачиванию территории, обуславливающему формирование глеевой восстановительной обстановки. Атмосферные осадки в основном имеют, как известно, кислую реакцию и дополнительно способствуют уменьшению значения рН.

Такая пестрота геохимических обстановок предполагает различие форм миграции одних и тех же элементов в подземных и поверхностных водах, а также увеличивает вероятность выщелачивания (с разной степенью интенсивности) химических элементов из поднятых на дневную поверхность горных пород и руд. На участках, примыкающих к месторождению, могут формироваться следующие геохимические барьеры: глеевые, сорбционные, кислые, щелочные, совмещенные, сочетающие определенные из всех перечисленных типов, а также окислительные (кислородные).

В связи с пестрым соотношением геохимических обстановок и геохимических барьеров предполагаются совершенно разнообразные пути миграции и концентрации химических элементов на участке месторождения и вблизи него. Остановимся на некоторых примерах, которые являются лишь начальным этапом необходимых исследований.

Г. С. Бородулиной и С. И. Мазухиной (данные 1994 г.) в воде из канавы, ооконтуривающей место складирования руды, созданное во время проходки разведочной шахты на Среднепадминском месторождении, обнаружены самые высокие концентрации U, Mo и V (см. табл.).

Концентрация урана, молибдена и ванадия в водах участка Среднепадминского месторождения, мкг/л

	U	Mo	V
Речная вода (р. Падма)	0,042–0,072	0,08–0,09	0,21–0,35
Подземные воды (из скважин)	0,08–25,4	0,17–28,5	0,08–6,1
Вода из канавы (поверхностные условия выщелачивания руд)	600,0	100,0	9,0

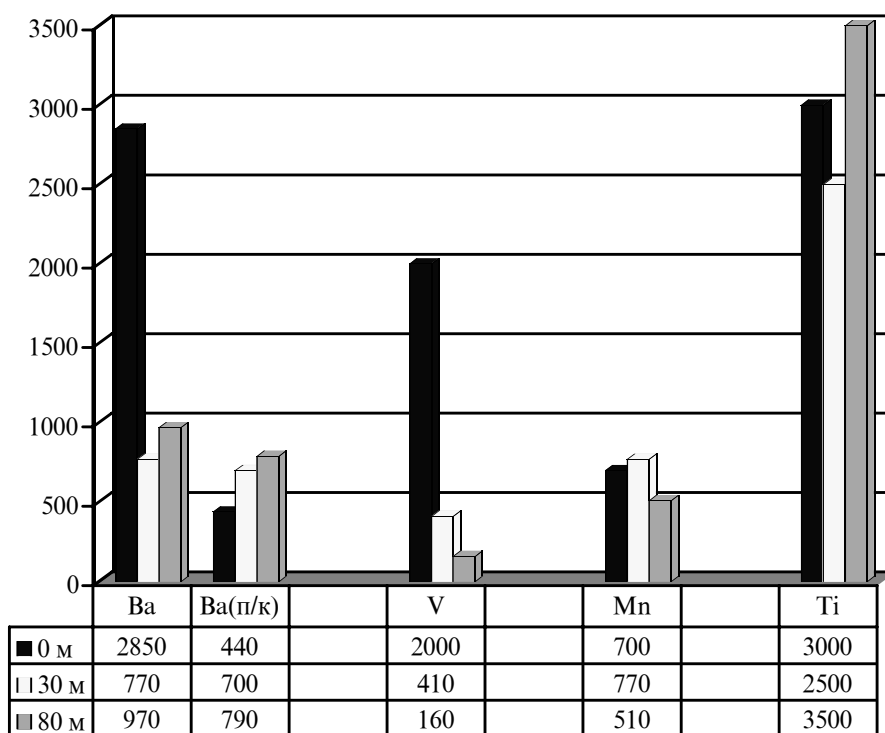


Рис. 1. Гистограмма распределения Ba, V, Mn и Ti на глеевом (0 м) и сорбционном (30 и 80 м) геохимических барьерах:

концентрации элементов (г/т) определены количественным спектральным анализом в Институте геологии КарНЦ РАН, Ba (отн. % · 10⁴) – также и полуколичественным (п/к); здесь и далее: 0 м – точка сброса сточных вод канавы, 30 и 80 м – расстояния от точки сброса сточных вод

Сточные воды из примыкающего к промплощадке месторождения отстойника, обогащенные этими и другими элементами, поступают в ближайшее болото, по границе которого существует глеевый геохимический барьер. На этом геохимическом барьере при pH 6,5–8,5 поступающих к нему сточных вод должно происходить осаждение Cu, Cr, U, Mo, Re, Se, V (Перельман, 1989).

Как показал анализ (рис. 1–3), в самой краевой части болота на глеевом барьере осаждаются (в скобках указаны предельные кларки концентраций – кк): V (22,2), Ni (1,3), Pb (7,5), Mo (87,3), Cr (2,4), Be (1,7), Zr (0,8) и Y (1,1). Осаждению элементов (Mo, Cr, V, Be, Zr и Y) могут также способствовать более кислые воды болота по сравнению со сточными водами, поступающими из отстойника. Pb может накапливаться за счет сорбции, хотя его концентрация в краевой части болота до конца не ясна. Скорее всего, большую роль в накоплении этого элемента играет все же биогенная аккумуляция. Низкие концентрации Cu (< 1 кк) связаны, вероятно, с проблематичностью ее извлечения слабощелочными водами из горных пород и руд.

После прохождения линии взаимодействия кислородной и глеевой обстановок уже через 30–80 м в пределах низинного болота происходит постепенная ассимиляция поступающих к краевой части болота кислородных слабощелочных вод кислыми глевыми. Условия кислого и глеевого геохимических барьеров сменяются условиями сорбционного восстановительного барьера.

На сорбционном барьере при поступлении к нему кислых и слабощелочных вод (pH 3,0–6,5) в условиях глеевой обстановки должно происходить осаждение Si, Ba, Zn, Cd, Ni, Co, Pb, Cu, U, Cl, Br, I, F, S, P, Fe и Mn, при поступлении нейтральных и слабощелочных вод (pH 6,5–8,5) – Li, Na, K, Rb, Cs, Tl, Zn (Cl, Br, I, V, F, S, P) (Перельман, 1989).

Полученные нами данные по количественному и полуколичественному определению Ba заметно (в 6,5 раза!) различаются (рис. 1). Вместе с тем, как отмечено, этот элемент должен осаждаться на сорбционном геохимическом барьере при поступлении к последнему кислых и слабощелочных (pH 3,0–6,5) глеевых вод.

Согласно полученным данным, в болотном торфе относительно накапливаются следующие элементы: V (до 4,5 кк), Sr (до 0,4 кк), Zn? (до 2,7 кк) (рис. 1–3).

Осаждение Zn на сорбционном геохимическом барьере торфа, очевидно, имеет место, однако характер этого процесса требует дополнительного изучения. Аналогичного изучения требует также поведение таких элементов, как Ni, Co (1,6–1,7 кк), Cu (до 1,3 кк) и других, в том числе тех, концентрации которых в данном исследовании не определялись.

Кислая среда болотных вод способствует лучшему растворению Be (Гавриленко, Сахоненок, 1986), а присутствие органических соединений может уменьшать степень осаждения Zr, Sc и Y, которые участвуют в коллоидной миграции в ландшафтах влажного климата (Перельман, 1966). Данная тенденция для Be, Y и Zr хорошо видна на рис. 2, 3.

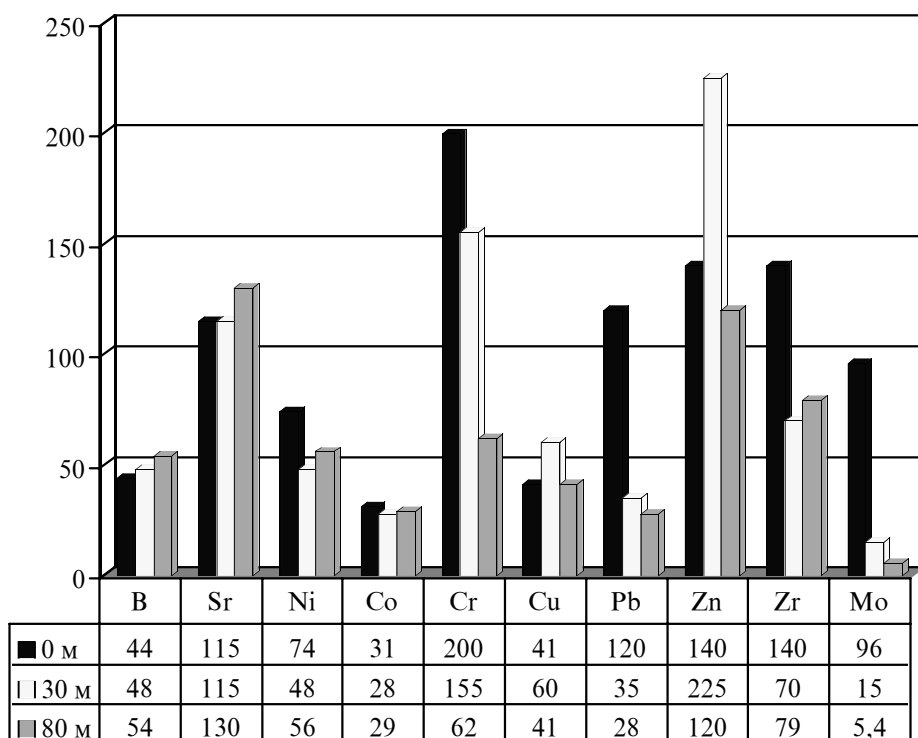


Рис. 2. Гистограмма распределения элементов на глеевом и сорбционном геохимических барьерах:

концентрации Sr, Ni, Co, Cr, Cu и Pb (г/т) определены количественным спектральным анализом, B, Zn, Zr и Mo (отн. % · 10⁻⁴) – полуколичественным

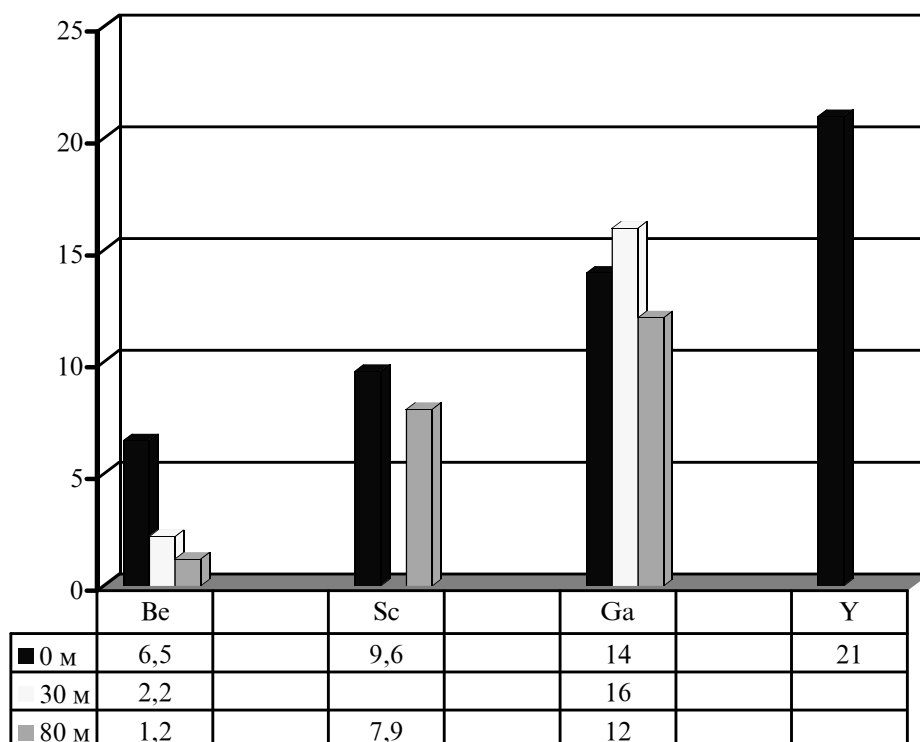


Рис. 3. Гистограмма распределения Be, Sc, Ga и Y на геохимических барьерах вблизи линии взаимодействия слабощелочной и кислой глеевой обстановок:

концентрации элементов (отн. % · 10⁻⁴) определены полуколичественным спектральным анализом; здесь и далее пустые клетки под элементами означают концентрации ниже чувствительности метода

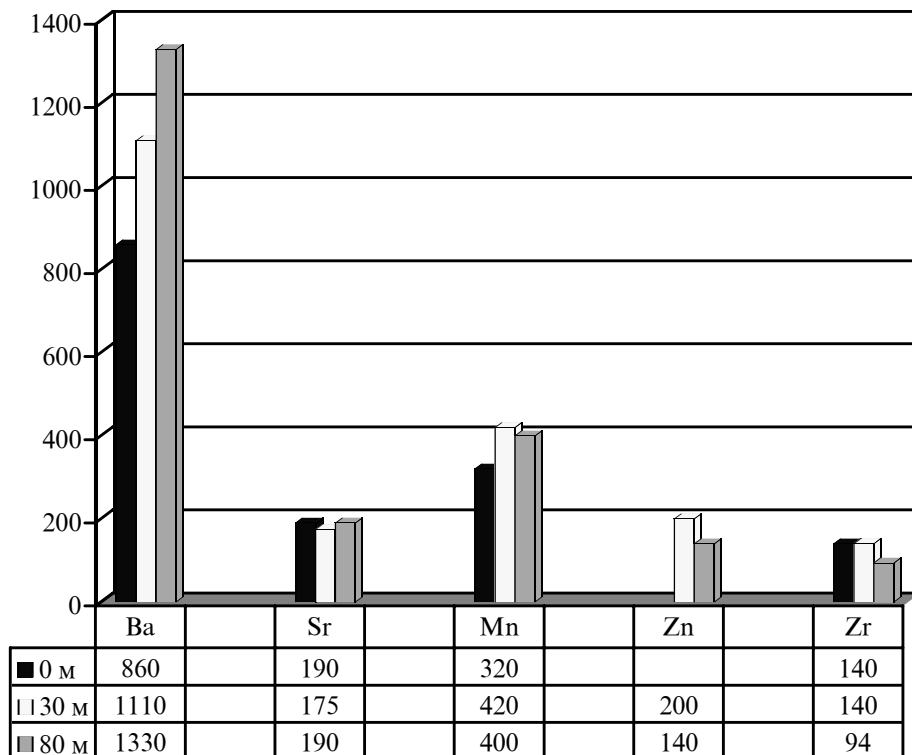


Рис. 4. Гистограмма распределения Ba, Sr, Mn (г/т), Zn, Zr (отн. % · 10⁻⁴) на сорбционном геохимическом барьере глин и суглинков:

здесь и на рис. 5 методы определения концентраций элементов – см. рис. 1, 2

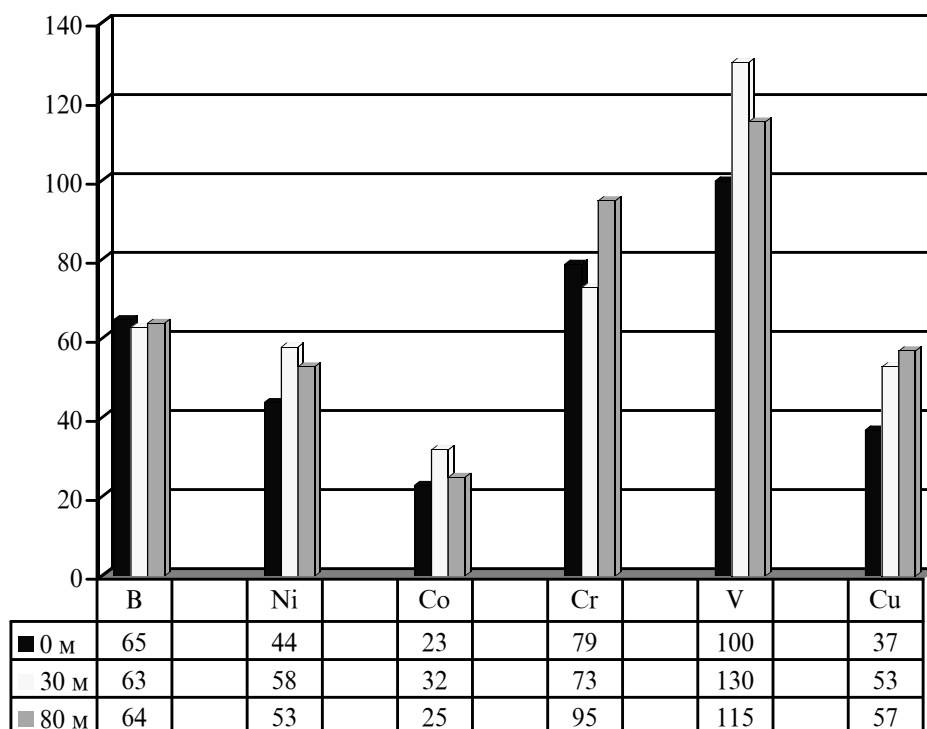


Рис. 5. Гистограмма распределения B (отн. % · 10⁻⁴), Ni, Co, Cr, V и Cu (г/т) на сорбционном геохимическом барьере глин и суглинков

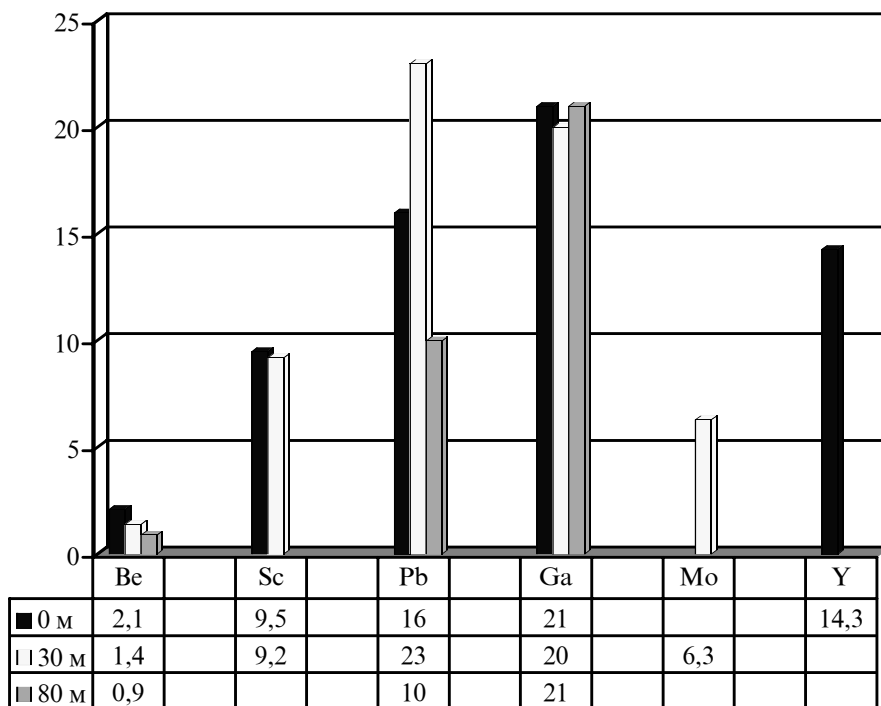


Рис. 6. Гистограмма распределения Be, Sc, Ga, Mo, Y (отн. % · 10⁻⁴) и Pb (г/т) на сорбционном геохимическом барьере глин и суглинков:

методы определения концентраций элементов – см. рис. 2, 3

Особенности сорбционного геохимического барьера глин и суглинков, залегающих ниже торфяного горизонта болотных почв, наиболее выражены на расстоянии 30–80 м от точки сброса сточных вод канавы. Здесь в глинах и суглинках концентрируются (в скобках указаны предельные значения *kk*): Cu (1,2), Co (1,8), Ni (1,0), Zn (2,4), Ba (2,0), (Mn, Cr?) (рис. 4, 5). Вместе с тем содержание таких элементов, как Be, Sc, Y, (Zr), с удалением от краевой части болота уменьшается (рис. 4, 6). Их концентрации в глинах и суглинках во всех определениях < 1 *kk*, что связано с повышенной миграционной способностью этих элементов в условиях кислой восстановительной среды.

На границе смещения техногенно трансформированных кислых и слабокислых глеевых болотных вод с поверхностными водами р. Падмы возможно формирование кислородного геохимического барьера, на котором, в соответствии с теорией геохимических барьеров А. И. Перельмана

(1989), будет происходить осаждение Fe, Mn и Co. При смене глеевых вод кислородными будут осаждаться те же элементы. В случае большей щелочности речных вод по сравнению с поступающими к ним техногенно измененными болотными водами должен формироваться щелочной геохимический барьер.

При разработке комплексных (селен)-уран-благороднометалльно-ванадиевых руд Среднепадминского месторождения следует ожидать постепенного смещения линии взаимодействия кислородной и глеевой обстановок в глубь занимаемой низинным болотом территории. Учитывая полученные данные, можно сделать вывод о том, что степень экологической опасности для экосистемы р. Падмы будет связана прежде всего со скоростью указанного смещения, являющейся также критерием деградации экосистемы низинного болота и, при адекватном воздействии, примыкающего заболоченного леса.

ЛИТЕРАТУРА

Гавриленко В. В., Сахоненко В. В. Основы геохимии редких литофильных металлов. Л., 1986. 172 с.

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

Оценка радиоэкологического состояния Онежского рудного района. Объяснительная записка к радиоэкологической карте масштаба 1 : 200 000... Отчет Регионального геоэкологического центра – филиала ГП «Невскгеология». Санкт-Петербург, 2001. Фонды Комитета природных ресурсов по Республике Карелия. 87 с.

Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М., 1966. 392 с.

Перельман А. И. Геохимия. М., 1989. 528 с.

Прогнозная оценка экологической устойчивости территории в условиях развития горнорудного комплекса Республики Карелия // Эколого-экономическая оценка ресурсов Республики Карелия. Отчет Института геологии КарНЦ РАН. Книга 2. Петрозаводск, 2001. Фонды Комитета природных ресурсов по Республике Карелия. 203 с.

Справочник по геохимии / Г. В. Войткевич, А. В. Кокин, А. Е. Мирошников, В. Г. Прохоров. М., 1990. 480 с