



М.К. Грачёва
 Институт водных проблем РАН
 аспирант
 АО «Центральный ПГО», Региональный центр
 государственного мониторинга состояния недр по ЦФО
 гидрогеолог
 Российский союз гидрогеологов¹
 ответственный секретарь
 gmk_rosgidrogeo@mail.ru

Специфика оценки экологического ущерба горнопромышленных комплексов (на примере апатит-нефелинового месторождения Хибинских тундр)

1. Россия, 115191, Москва, 2-ая Рошинская ул., д. 10, а/я 12.

На примере апатит-нефелинового месторождения Хибинских тундр рассматриваются особенности оценки накопленного экологического ущерба, присущие горнопромышленным комплексам. Набор оценочных параметров при изучении НЭУ зависит от функциональной зоны, в которой расположен исследуемый объект. Показано, что методика оценки НЭУ зависит от способа хозяйственного освоения территории, а также от геохимических, ландшафтных и других природных параметров природно-техногенных систем

Ключевые слова: накопленный экологический ущерб; природно-техногенная система; Кольский полуостров; месторождение Кукисвумчорр

Оценка экологического ущерба – одна из базовых задач современной науки природоохранного профиля. Особенную роль в таких исследованиях играют объекты с прошлой хозяйственной деятельностью, на которых ярко выражен накопленный экологический ущерб (НЭУ). В мировом опыте научных разработок по данному вопросу передовые позиции занимает Бельгия, где ведутся исследования по защите природно-техногенных систем (ПТС), их устойчивому развитию, а также по разработке и внедрению экологических производств [1, 2].

В России теоретические основы оценки экологического ущерба ПТС разрабатываются с 1990-х гг., однако на сегодняшний день не существует единой утвержденной системы понятий и методик отнесения объектов хозяйственной деятельности к объектам НЭУ, проведения инвентаризации, учета и ранжирования объектов НЭУ в отношении качества компонентов окружающей среды. Самым прямым образом набор оценочных параметров зависит от функциональной зоны, в которой расположен исследуемый объект. Другими словами, первоначально методика оценки

НЭУ должна строиться в зависимости от способа хозяйственного освоения территории. На примере апатит-нефелинового месторождения Хибинских тундр рассматриваются особенности оценки НЭУ, присущие горнопромышленным, в частности горнодобывающим комплексам (ГДК).

Объект оценки НЭУ

Современный ГДК представляет собой сложную систему взаимосвязанных производств, состоящую из открытых и закрытых горных выработок, систем внутренних производственных активов (перерабатывающие и обогащательные фабрики, горно-породные отвалы, пруды-отстойники, хранилища и др.), коммуникационных, транспортных, энергетических и других сетей, жилых поселков и других объектов, относящихся непосредственно к добыче твердых полезных ископаемых и вспомогательным производствам. Рассматриваемый ГДК базируется на месторождении Кукисвумчорр (Хибинские тундры, Кольский полуостров) и состоит из рудников (Кировский, Расвумчоррский, Центральный, Восточный), апатит-нефелиновых обогащательных фабрик (АНОФ-1 – ныне закрыта, АНОФ-2, АНОФ-3), горно-породных отвалов и хвостохранилища в борту оз. Умбозеро.

ГДК характеризуется осложненной добычей профильного ископаемого (апатиты, нефелиновые сиениты): удароопасностью и газопроявлениями, присущими залежи; сложными гидрогеологическими условиями – диапазон притоков в горные выработки 4810–15 920 м³/час. Мероприятия по охране и восстановлению компонентов ОС устарели: ухудшилась очистка дренажных вод от взвешенных частиц, нефтепродуктов и азотных соединений, качество подземных вод по приоритетным токсикантам не оценивается, система мониторинга отсутствует.

Для формирования ряда параметров, по которым будет производиться оценка НЭУ, необходимо не только понимать технологические циклы на предприятиях ГДК, но и детально изучить естественные природные условия и присущие им процессы. Таким образом, ГДК – это сложно-компонентный объект, на базе которого образуется природно-техногенная система. И именно для ПТС предстоит охарактеризовать накопленный экологический ущерб.

В предыдущей публикации [3] автором уже дана подробная геоэкологическая характеристика исследуемой ПТС, а также рассмотрены основные техногенно-обусловлен-

ные факторы гидрогеохимической трансформации компонентов ОС. В данном случае приводится механизм образования и накопления экологического ущерба от деятельности ГДК с целью обоснования методических особенностей оценки НЭУ для предприятий горнопромышленных комплексов.

Образование и накопление экологического ущерба в условиях ГДК

С геохимических позиций любое месторождение представляет собой ярко выраженное аномальное явление, где концентрация целого комплекса элементов на несколько порядков превышает их концентрацию во вмещающих породах. Рассеяние рудных тел в естественных условиях приводит к возникновению так называемых наложенных ореолов во всех без исключения геохимических сферах. Установлено, что интенсивность гидрогеохимических процессов на месторождениях возрастает на несколько порядков в результате хозяйственной деятельности уже на самых ранних стадиях разведки и тем более при последующей разработке месторождения [4]. За короткий промежуток времени окружающая среда полностью отравляется компонентами техногенного загрязнения, причем наиболее опасными могут быть вовсе не извлекаемые рудные компоненты, а компоненты, концентрирующиеся во вмещающих и перекрывающих породах. В большей степени это касается подвижных сред – гидросферы и атмосферы, а через них – почвы и растительности. В частности, техногенные воды приобретают концентрации токсичных элементов, на несколько порядков превышающие концентрации в незагрязненных водах. Вредное воздействие на окружающую среду усугубляется еще и тем, что природные формы миграции элементов, в равновесии с которыми находится растительный и животный мир, заменяются экологически непривычными формами.

Различные типы месторождений в силу присущих им геохимических и гидрохимических процессов неодинаково влияют на окружающую среду при их разведке и разработке. Особенности влияния зависят от минералогического состава и от положения месторождения в гидрогеохимической зональности и ландшафте. Фундаментальными гидрогеохимическими показателями таких изменений являются: окислительно-восстановительный потенциал (Eh), кислотно-щелочной баланс (pH) и преобладающий вид лиганда, способствующего водной миграции токсичных элементов.

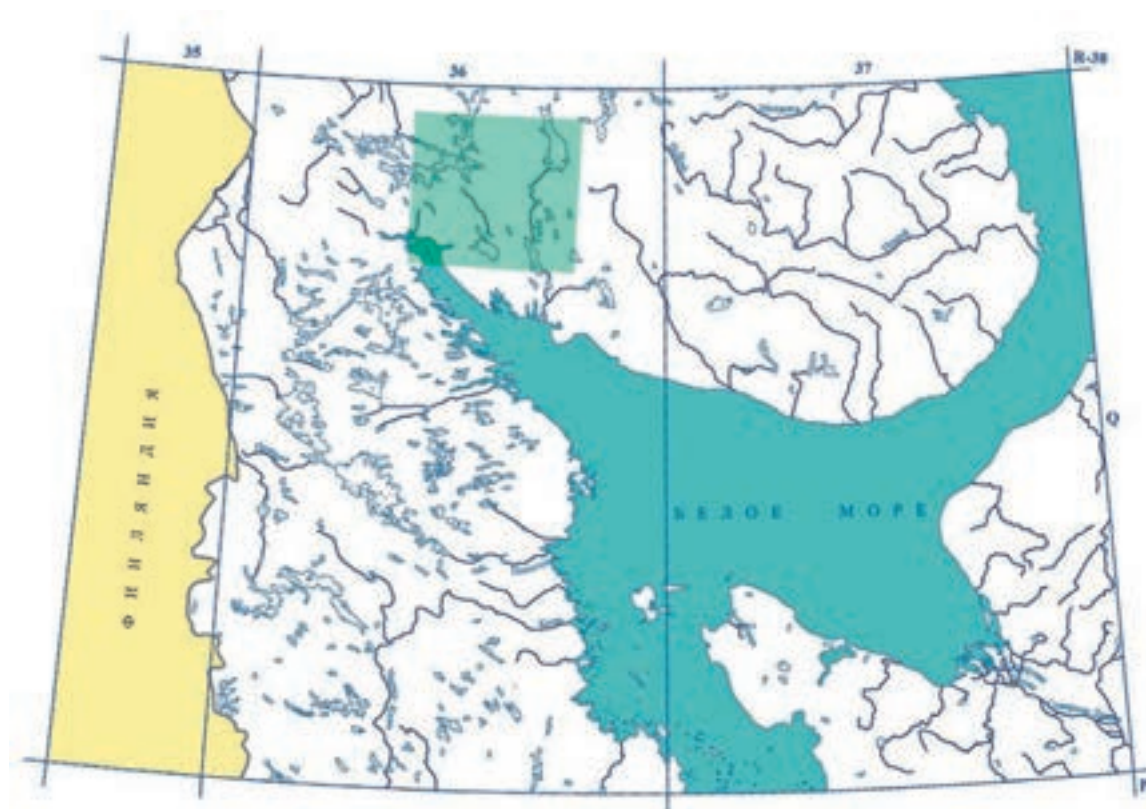


Рис. 1.
 Район и участок проведения научно-исследовательских работ

Согласно классификации месторождений, основанной на перечисленных выше показателях, апатит-нефелиновое месторождение Кольского полуострова Кукисвумчорр относится к группе месторождений, связанных с щелочными породами, создающими при выветривании, а тем более при интенсивной разработке, среды с наиболее высоким рН (до 12) и низким Eh. Как известно, в водах с такими показателями накапливается большое количество лигандов-комплексобразователей, способствующих миграции микроэлементов в водах, а значит, и в окружающей среде [5]. При этом в щелочных средах идет накопление токсичных элементов с высокой валентностью (редкоземельные элементы, хром и др.), а также таких активных токсикантов-анионов, как фтор и др.

Действие на окружающую среду зависит и от ее собственных характеристик, прежде всего, от различного рода зональностей. Так, северные тундрово-лесные районы оказываются уязвимыми с их промывным режимом и развитием процессов выщелачивания. Более устойчивы месторождения с наличием карбонатного и гидроокисного барьера; более уязвимы – горные районы, менее – депрессии и прогибы.

Параметры оценки НЭУ

Изучив геоэкологические характеристики изучаемой ПТС, обособив значимые факторы трансформации компонентов ОС, ознакомившись с технологическими циклами, ведущимися на предприятии ГДК, необходимо сформировать ряд параметров, наиболее точно характеризующих НЭУ. Рационально использовать классификационный подход, как наиболее структурированную форму оценки. Такой подход предполагает идентификацию наиболее ярко выраженных процессов и характеристик, присущих изучаемой ПТС, по следующим категориям параметров с оценкой их значимости для ГДК, базирующейся на апатит-нефелиновом месторождении Хибинских тундр (*рис. 1*).

1. Временные оценки. Временной показатель может быть разложен на несколько составляющих, таких как общее время функционального использования территории, время открытой разработки, время закрытой разработки, время складирования горнорудных отвалов, периоды наибольшей обводненности выработок (отвалов-хвостохранилищ), продолжительность сбросов в местную гидросеть, продолжительность откачек из водоносных горизонтов и любые другие хронологические

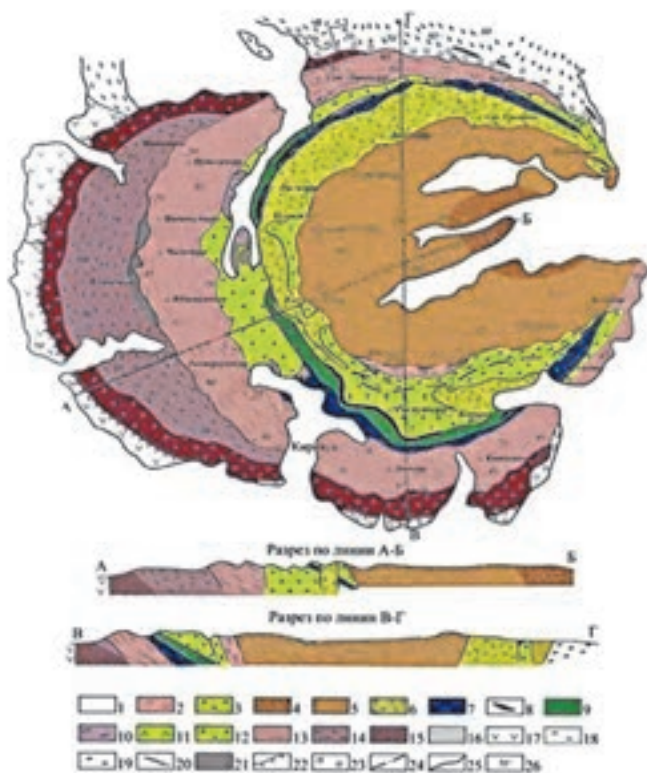


Рис. 2.
Геологическое строение Хибинского рудного массива

отметки параметров, наиболее ярко характеризующих техногенную нагрузку объекта. Сюда же можно отнести и возраст отложений, период формирования рудного тела и другие параметры в случае, если их оценка важна для получения общего значения НЭУ.

В данном случае накопление экологического ущерба в пределах изучаемой ПТС происходит почти 90 лет. Первые техногенные воздействия (не считая эпохи исследования территории самыми ранними экспедициями) относятся к году открытия месторождения (1926), времени заложения транспортных путей и начала разработки рудников.

2. Геологические оценки. В эту категорию оценок входят классические характеристики месторождения ПИ, на котором базируется ПТС: тип месторождения, глубина залегания, форма рудного тела, тип рудной формации, условия формирования залежей, объемы запасов, способ разработки и др.

Для Кукисвумчорра наиболее показательны следующие характеристики: месторождение представлено единой зональной пластовой залежью, в которой извлекаемый полезный компонент локализуется в кольце крупных линз, разработка ведется открытым и закрытым способом. Длина рудной зале-

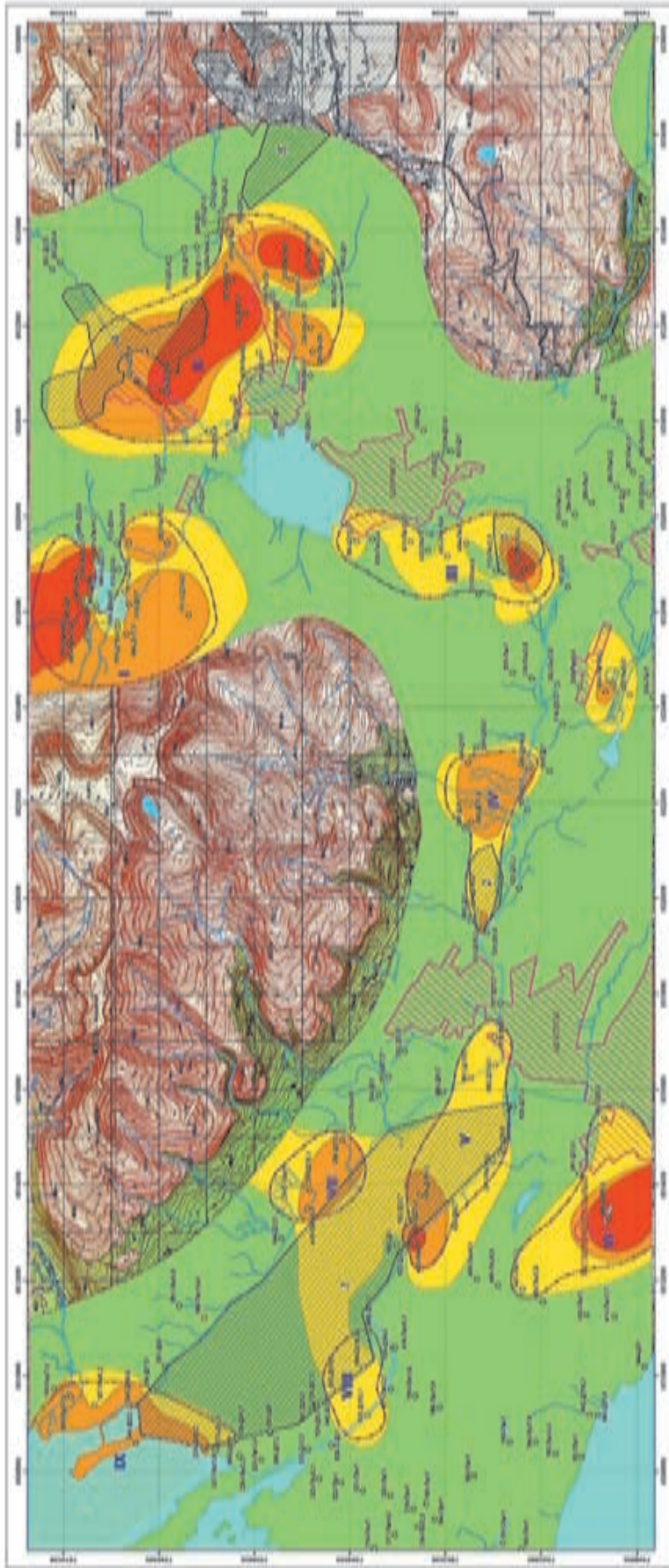
жи по простиранию 2400 м, средняя ширина 1500 м. Мощность увеличивается от краев к центру, как по восстанию, так и по простиранию от первых метров до 230 м. Рудной залежи свойственны зоны «шпреуштейнизации» размерами от 2 до 10 м. Форма рудного тела – лополит конического строения (рис. 2).

3. Гидрогеологические оценки. Группа показателей, тесно связанных с геологическими критериями, отражающих гидрогеологические условия в пределах изучаемой ПТС: возраст и состав природных вод, условия формирования, режим и динамика подземных вод, способы питания и разгрузки водоносных горизонтов и другие классические параметры.

В нашем случае объект обладает следующей гидрогеологической характеристикой – в соответствии с характером водовмещающих пород в изучаемом районе выделяются два типа подземных вод: поровые и порово-пластовые, распространенные в четвертичных отложениях, и трещинные и трещинно-жильные воды, развитые повсеместно в коренных породах. Также следует отметить преобладание осадков над испарением в 5–10 раз; значительную расчлененность рельефа, обуславливающую близость областей питания и разгрузки подземных вод; хорошую обнаженность интрузивных массивов и их интенсивную трещиноватость; наличие рудного объекта, связанного с гипергенным разрушением минералов нефелиновых сиенитов, что обуславливает подщелачивание прилегающих природных вод.

4. Геохимические оценки. Рассматриваются следующие показатели: минеральный и химический состав рудного тела и вмещающих пород, постседиментационные процессы (необходимы для понимания общей геохимической картины в пределах ПТС), ландшафтная геохимическая зональность, наличие геохимических барьеров, типы образованных месторождением геохимических аномалий и др.

Минеральный состав апатит-нефелиновой руды (%): апатит (10–91,5), нефелин (3,16–73,5), пироксен (3,21–17,57), сфен (знаки – 36,12). Приоритетные элементы, участвующие в геохимических циклах: P, Sr, PЗЭ, Al, Ga, Rb, Cs, Ti, Nb. В щелочной среде, которую образует массив, идут интенсивные процессы привноса-выноса Y, Nb, Ti, V, Zr, Sr, P и др. элементов в зоне разработки. При оценке НЭУ следует четко разделять геохимические аномалии природного происхождения и техногенно-обусловленные аномалии. По результатам лабораторно-аналитических работ для объекта были выявлены техногенные геохи-



Гидрография
 — реки, каналы
 — озера, водохранилища, пруды, реки, каналы
 Объекты антропогенного воздействия
 1 - автострада А160-1
 2 - отстойник ТЭЦ
 3 - автострада А160-2
 4 - Курский рудник
 5 - Рязанско-Курский рудник
 6 - Центральный рудник
 6 - населенный пункт

Условные обозначения
 — точка отбора пробы, ее номер
 Уровни загрязнения почв и рыхлых отложений

Уровень загрязнения	Значение Z _п	Условный знак на карте	Эксплуатационное состояние территории
низкий	< 8	зеленый	рекреационное
средний	8 - 15	желтый	направленный
высокий	15 - 32	оранжевый	эрозивное
очень высокий	> 32	красный	критическое

Состав геохимических ассоциаций
 I - Mn-Ga-Alb-Wh-Sca-Ka-Ti-Pu-Vi-Fer
 II - Sr-Pb-Nb-Ta-Alb-Ga-Wh-Ti-Wh-Fer
 III - Sr-Wh-Mn-Ga-Fer-Nb-Pu-Ti-Wh-Mn
 IV - Mn-Ta-Ti-Mn-Pu-Fer-Sr-Ga-Alb
 V - Pb-Sr-Ka-Alb-Fer-Ti-Ga-Wh-Nb-Mn
 VI - Mn-Wh-Fer-Ti-Pu-Ga-Alb-Sr
 VII - Mn-Nb-Ta-Ti-Fer-Ga-Sr-Wh-Pu
 VIII - Pb-Fer-Sr-Mn-Nb-Ga-Ti-Wh-Mn
 IX - Nb-Wh-Sr-Mn-Ga-Pu-Ti-Fer-Ti-Wh

Рис. 3. Карта ореолов распространения выявленных техногенно-обусловленных геохимических ассоциаций



OGU
Uzbekistan

20-я УЗБЕКИСТАНСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

НЕФТЬ И ГАЗ

20th UZBEKISTAN
INTERNATIONAL

OIL & GAS

EXHIBITION AND CONFERENCE

www.ogu-expo.ru

18–20
МАЯ / MAY
2016

УЗБЕКИСТАН, ТАШКЕНТ
UZBEKISTAN, TASHKENT

ВЕДУЩЕЕ
НЕФТЕГАЗОВОЕ
СОБЫТИЕ УЗБЕКИСТАНА

THE LEADING
OIL & GAS EVENT
IN UZBEKISTAN

ОРГАНИЗАТОР
ORGANISED BY



ITE МОСКВА
+7 (499) 750 0828
oil-gas@ite-expo.ru
www.mioqe.ru

ITE GROUP PLC
+44 (0) 207 596 5011
og@ite-events.com
www.oilgas-events.com

23-Я АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

НЕФТЬ И ГАЗ КАСПИЯ

23rd AZERBAIJAN INTERNATIONAL

CASPIAN OIL & GAS

EXHIBITION AND CONFERENCE

www.caspianoilgas.ru

1-4
ИЮНЯ / JUNE
2016

ВЕДУЩЕЕ
НЕФТЕГАЗОВОЕ СОБЫТИЕ
КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

АЗЕРБАЙДЖАН, БАКУ
AZERBAIJAN, BAKU

THE LEADING
OIL & GAS EVENT
IN THE CASPIAN REGION

ОРГАНИЗАТОР
ORGANISED BY



CONNECTING
YOUR BUSINESS
TO THE WORLD

ITE МОСКВА
+7 (499) 750 0828
oil-gas@ite-expo.ru
www.mioge.ru

ITE GROUP PLC
+44 (0) 207 596 5011
og@ite-events.com
www.oilgas-events.com



Рис. 4.

Инфраструктура техногенного развития территории (белый цвет – населенные пункты, желтый – объекты технологической разработки недр)

мические аномалии следующих составов [6] (рис. 3): I – Sr, P, Nb, Y; II – Sr, Y, Mn, Ga; III – V, Ni, Ti, Y, что подтверждает процессы интенсивного переноса этих элементов в данных геохимических и гидрогеохимических условиях.

5. Гидрогеохимические оценки. Эта группа оценок играет одну из ведущих ролей в общей оценке НЭУ, т.к. во многом именно от гидрогеохимических процессов зависит характер распространения и состав мигрирующих компонентов. По сути, гидрогеохимическая оценка – это самостоятельное исследование, опирающееся на широкий комплекс лабораторных исследований. Набор обязательных параметров, по мнению ряда авторов [7], для оценки гидрогеохимических процессов в ПТС (для подземных и поверхностных вод): химический состав, pH, ОВП, приоритетный вид лиганда, фазовые переходы из гидросферы в другие геохимические среды (лабильные компоненты) и многие другие директивные показатели.

Как отмечалось выше, для массива Хибинских тундр характерно образование ультращелочной среды с низким ОВП, способствующей

накоплению большого количества лигандо-комплексообразователей (преимущественно OH^- , CO_3^{2-} , F^- ионы, органические вещества), способствующих миграции микроэлементов в водах. Формы миграции в связи с процессами комплексообразования могут быть самыми разнообразными. В то же время в щелочной среде интенсивно накапливаются токсичные элементы с высокой валентностью (РЗЭ, хром, фтор и др.). Эти условия являются определяющими для всех протекающих в данной ПТС гидрогеохимических процессов.

6. Микроэлементозные оценки. Эта группа параметров напрямую отражает влияние НЭУ на здоровье местного населения и во многом завязана на гидрогеохимические исследования. Многие исследователи отмечают микроэлементозы как один из наиболее объективных показателей состояния окружающей среды и качества жизни местного населения [8, 9]. К оценкам этой группы относятся форма и пути миграции приоритетных токсикантов, уровень токсичности и тип воздействия на организм человека, накопление в организме, сопутствующие заболевания и прочие показатели.

В Кировском и Апатитском районах по медико-экологическим исследованиям установлена эндемическая микроэлементозная заболеваемость населения, прежде всего – костно-мышечная за счет накопления в организме стронция относительно кальция, фтора (проявления флюороза), алюминия (болезнь Альцгеймера) и др. Также у горняков фиксируются патологии силикоза, несмотря на отсутствие в Хибинских породах и рудах кварца и, соответственно, кварцевой пыли как первопричины этого профессионального заболевания. Специальными биохимическими исследованиями было установлено, что в данном случае источником силикоза явилась нефелиновая пыль. С накоплением ее в легких за счет высокой растворимости нефелина происходит высвобождение кремнезема из его структуры и, как следствие, развитие силикоза [10]. Общее состояние компонентов окружающей среды прямым образом отражается на депонирующих средах, присутствующих в ПТС.

7. Техногенные оценки. Сюда следует отнести те показатели, появление которых обусловлено исключительно техногенной деятельностью: развитость инфраструктуры, интенсивность разработки месторождения, технологические циклы предприятий и др.


В оценке НЭУ месторождения Кукисвумчорр важно отметить, что в результате разработки были образованы города Кировск и Апатиты с численностью населения 27 250 и 57 398 человек, соответственно (2015 г.) (рис. 4). Образование крупных отвалов и пыление с их поверхности ведет к загрязнению атмосферного воздуха и почв [11]. На объекте

организован технологический цикл с вовлечением в естественный геохимический оборот новых компонентов, связанных с использованием взрывчатого вещества (привнос оксида азота), искусственных реагентов (привнос хлора), флокулянтов-коагулянтов (привнос сульфат-иона).

Интегральная оценка НЭУ

Вышеперечисленные категории оценок можно наращивать, развивать и детализировать в зависимости от типа объекта и целей оценки. Для исследуемой ПТС были отобраны наиболее значимые при оценке НЭУ параметры, на основании чего можно сделать следующий общий вывод.

Изученный ГДК участвует в образовании ПТС, а организованные на его производственных активах технологические циклы во многом определяют характер накопления экологического ущерба. Присущие данному геологическому объекту природно-географические характеристики (прежде всего, разного рода зональности) определенным образом отвечают на возложенную на него техногенную нагрузку. Высокий уровень урбанизации прилегающих территорий увеличивает общий балл НЭУ.

В дальнейшем на основании детальной проработки каждого параметра и их интегральной оценки можно строить прогноз развития ПТС и динамики прироста НЭУ, оценивать риски, связанные с последующим освоением ГДК, выдвигать рекомендации по снижению воздействия техногенных объектов на компоненты окружающей среды. 

Литература

1. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Рейф И.Е. Перед главным вызовом цивилизации: Взгляд из России. М.: ИНФРА-М. 2005. 224 с.
2. Гретта Голденман. Опыт стран Евросоюза и стран центральной и восточной Европы в решении проблем прошлого экологического ущерба. Дискуссионный доклад для Всемирного банка. Доступно на: ineca.ru/download.php?projects/pel/&опыт.pdf (дата обращения 16.11.2015).
3. Грачева М.К. Факторы гидрогеохимической трансформации природной среды на объектах с накопленным экологическим ущербом (на примере апатит-нефелинового месторождения Кольского полуострова) // Недропользование XXI век. 2015. № 2. С. 108–115.
4. Колотов Б.А., Киселева Е.А., Рубейкин В.З. К вопросу о вторичном рассеянии рудных месторождений // Геохимия. 1966. № 7. С. 878–880.
5. Крайнов С.Р. Геохимия редких элементов в подземных водах. М.: Недра. 1973. 296 с.
6. Вдовина О.К., Лаврусевич А.А., Грачева М.К. Дифференциация природных и техногенных геохимических полей в зоне влияния горнорудных комплексов. Материалы VII Международной научной конференции «Геоэкологические проблемы современности». Владимир. 2015. С. 128–131.
7. Колотов Б.А., Соломин Г.А., Демидов В.В. и др. Гидрогеохимические процессы как основа взаимодействия геологических тел, подверженных антропогенезу, и окружающей среды // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия. М. 2001. С. 70–98.
8. Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Бражникова Л.В., Жулидов А.В. Мониторинг качества вод: оценка токсичности. Серия «Качество вод». Вып. 3. С-Пб.: Гидрометеиздат. 2000. 156 с.
9. Рустамбекова С.А., Барабошкина Т.А. Микроэлементозы и факторы экологического риска. М.: Университетская книга. 2006. 112 с.

10. Мелентьев Г.Б., Шарый А.Б., Агиевич А.А. Предварительные результаты выборочных замеров запыленности атмосферы микрорайона Кукисвумчорр и оценка ее химической загрязненности по микроэлементному составу пыли в снежном покрове. Информационный отчет по договору с Кировским экологическим фондом «Количественная характеристика источников и концентраций загрязняющих веществ в атмосфере микрорайона Кукисвумчорр», этап 1. 1993. Фондовые материалы.

11. Стриженок А.В., Пашкевич М.А. Мониторинг и оценка пылевыведения с поверхности хвостохранилища АНОФ-2 ОАО «Апатит» // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2012.

UDC 550.424;550.461

Marina Gracheva, executive Secretary of the Russian Union of Hydrogeologists¹, gmk_rosgidrogeo@mail.ru

1. PO box 12, 10 2nd Roshchinskaya, Moscow, 115191, Russia.

Specificity assessment of environmental harm mining complexes (for apatite-nepheline field Khibiny tundras)

Abstract. The features of assessment AEH inherent in the mining complex are discussed in the publication by the example of apatite–nepheline deposit Khibiny tundra. A set of estimation parameters in the study of accumulated environmental harm (AEH) paramount depends on the functional area in which located the object under study. It is shown that the method of estimating NEU depend on how the economic development of the territory, as well as geochemical, landscapes and other natural settings natural and technogenic systems.

Keywords: accumulated environmental damage; natural and man–made system; Kola Peninsula; Kukisvumchorr field

References

1. Danilov-Danil'ian V.I., Losev K.S., Reif I.E. *Pered glavnyim vyzovom tsivilizatsii: Vzgliad iz Rossii* [Before the main challenge to civilization: A View from Russia]. Moscow, INFRA-M Publ., 2005, 224 p.
2. Gretta Goldenman. *Opyt stran Evrosoiuza i stran tsentral'noi i vostochnoi Evropy v reshenii problem proshlogo ekologicheskogo ushcherba. Diskussionnyi doklad dlia Vsemirnogo banka* (The experience of the EU and the countries of central and eastern Europe in addressing past environmental damage. Discussion Paper for the World Bank). Available at: ineca.ru/download.php?projects/pel/&opyt.pdf (accessed 16.03.2016).
3. Gracheva M.K. Faktory gidrogeokhimiicheskoi transformatsii prirodnoi sredy na ob'ektakh s nakoplyennym ekologicheskim ushcherbom (na primere apatit-nefelinovogo mestorozhdeniia Kol'skogo poluostrova) [Factors hydrogeochemical transformation of the natural environment on with accumulated environmental damage objects (for example, apatite-nepheline deposits of the Kola Peninsula)]. *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2015, no 2, pp. 108–115.
4. Kolotov B.A., Kiseleva E.A., Rubeikin V.Z. K voprosu o vtornichnom rasseianii rudnykh mestorozhdenii [On the question of the scattering of secondary ore deposits]. *Geokhimiia*, 1966, no. 7, pp. 878–880.
5. Krainov S.R. *Geokhimiia redkikh elementov v podzemnykh vodakh* [Geochemistry of trace elements in groundwater]. Moscow, Nedra Publ., 1973, 296 p.
6. Vdovina O.K., Lavrusevich A.A., Gracheva M.K. Differentsiatsiia prirodnykh i tekhnogennykh geokhimiicheskikh polei v zone vliianiia gornorudnykh kompleksov [The differentiation of natural and anthropogenic geochemical fields in the zone of influence of mining complexes.]. *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Geoekologicheskie problemy sovremennosti»* [Proc. 6th Int. Sci. Conf.]. Vladimir, 2015, pp. 128–131.
7. Kolotov B.A., Solomin G.A., Demidov V.V. i dr. Gidrogeokhimiicheskii protsessy kak osnova vzaimodeistviia geologicheskikh tel, podverzhennykh antropogenezu, i okruzhaiushchei sredy [Hydrogeochemical processes as the basis of the interaction of geological bodies subject% 2C% 2C anthropogenesis and the environment]. *Prikladnaia geokhimiia*, issue 2. Ekologicheskaiia geokhimiia. 2001, pp. 70–98.
8. Nikanorov A.M., Khoruzhaia T.A., Brazhnikova L.V., Zhulidov A.V. *Monitoring kachestva vod: otsenka toksichnosti. Serii «Kachestvo vod»* [Monitoring of water quality: evaluation of toxicity. The series «Water quality»]. Issue 3. S-Pb.: Gidrometeoizdat Publ., 2000, 156 p.
9. Rustambekova S.A., Baraboshkina T.A. *Mikroelementozy i faktory ekologicheskogo riska* [Microelementoses and environmental risk factors]. Moscow, Universitetskaia kniga Publ., 2006, 112 p.
10. Melent'ev G.B., Sharyi A.B., Agievich A.A. *Predvaritel'nye rezul'taty vyborochnykh zamerov zapylennosti atmosfery mikroraiona Kukisvumchorr i otsenka ee khimicheskoi zagriaznennosti po mikroelementnomu sostavu pyli v snezhnom pokrove. Informatsionnyi otchet po dogovoru s Kirovskim ekologicheskim fondom «Kolichestvennaia kharakteristika istochnikov i kontsentratsii zagriazniaiushchikh veshchestv v atmosfere mikroraiona Kukisvumchorr», etap 1* [Preliminary results of the sample measurements dusty atmosphere of the neighborhood Kukisvumchorr and evaluation of chemical contamination by trace element composition of dust in the snowpack. Information report on the agreement with the Kirov Environment Facility "Quantitative characterization of the sources and concentrations of pollutants in the atmosphere of the neighborhood Kukisvumchorr", step 1]. 1993. The stock materials.
11. Strizhenok A.V., Pashkevich M.A. Monitoring i otsenka pyl'evyvedeniia s poverkhnosti khvostokhranilishcha ANOF-2 OAO «Apatit» [Monitoring and evaluation of dust emission from the surface of the tailings ANOF-2 JSC "Apatit"]. *Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, 2012