

12. Углерод-14 [Электронный ресурс] // Гидрогеология : курс лекций Стэнфорд. ун-та. – URL: <http://www.geohydrology.ru/uglerod-14.html> (дата обращения 08.08.12).

13. Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы Земли. – М., 2009. – 632 с.

## ОБ ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)

И.В. Павлова<sup>1</sup>, В.А. Галактионов<sup>2</sup>, В.Г. Журавлев<sup>2</sup>, В.А. Домаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, Томск, Россия, [viktor\\_domarenko@mail.ru](mailto:viktor_domarenko@mail.ru)

<sup>2</sup>Акционерное общество “Эльконский ГМК”, Москва, Россия, [marchekan49@mail.ru](mailto:marchekan49@mail.ru)

## RADIOECOLOGICAL RESEARCH AT INITIAL STAGE OF FIELD DEVELOPMENT IN ELKON URANIUM PROVINCE, REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

I. Pavlova<sup>1</sup>, V. V. Galaktionov<sup>2</sup>, V. Juravlev<sup>2</sup>, V. Domarenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>Elkon Mining Metallurgical Plant, Moscow, Russia

В работе рассматривается необходимость комплекса мер по организации радиэкологических исследований для контроля за уровнем техногенной нагрузки, состоянием природных объектов, а также для своевременной корректировки природоохранных мероприятий на начальном этапе освоения месторождений Эльконского урановорудного района (Южная Якутия).

**Ключевые слова:** радионуклидное загрязнение, геоэкологический риск, охрана окружающей среды, урановорудное месторождение, радиационное воздействие, экология.

The article deals with a necessary package of measures to organize the radioecological research to control the level of a technogenic load, the condition of natural objects, and also to correct the nature protection actions in due time at the initial stage of field development in the Elkon Uranium Province, Republic of Sakha (Yakutia).

**Keywords:** radionuclide pollution, geoecological risk, environment protection, uranium deposit, radiation, ecology.

Эльконский урановорудный район является крупнейшим в России и одним из крупнейших в Мире [2, 4]. Территория района в целом относится к категории достаточно сложных в геологическом, инженерно-геологическом, горно-техническом, экологическом и иных отношениях, определяющих целесообразность его горнопромышленного освоения, а также целый ряд факторов, которые должны учитываться на всех стадиях намечаемых работ.

С этой точки зрения к опасным геологическим процессам и явлениям (ОГПЯ) в характеризуемом районе следует отнести широкий спектр природных, а также техногенных факторов, в том числе естественных процессов, но инициированных и усиленных техногенным воздействием (табл. 1).

В процессе строительства и эксплуатации проектируемого объекта происходит образование специфической природно-технической системы, в которой природные и технические (инженерные) объекты находятся в сложных, изменяющихся во времени и пространстве отношениях.

Для контроля за уровнем техногенной нагрузки, состоянием природных объектов, а также для своевременной корректировки природоохранных мероприятий, необходима организация локального экологического мониторинга. Необходимость разработки системы мони-

торинга определяется Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177 “Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)”, где под государственным мониторингом окружающей среды (государственным экологическим мониторингом) понимается комплексная система наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов (далее именуется – экологический мониторинг) В рамках планируемой деятельности задачами экологического мониторинга (ЭМ) являются:

- организация и проведение наблюдения за количественными и качественными показателями (их совокупностью), характеризующими состояние окружающей среды, в том числе за состоянием окружающей среды в районах расположения источников антропогенного воздействия и воздействием этих источников на окружающую среду;
- оценка состояния окружающей среды, своевременное выявление и прогноз развития негативных процессов, влияющих на состояние окружающей среды, выработка рекомендаций по предотвращению вредных воздействий на нее;
- информационное обеспечение органов государ-

Таблица 1. Возможные геологические опасные процессы и явления в пределах Эльконских урановых месторождений

| Наименование опасных геологических процессов и явлений | Вероятность проявления опасных геологических процессов и явлений, возможные интенсивность и масштабы   |
|--|--|
| Оползни  | Возможны по льдистому субстрату на подмываемых склонах, сложенных суглинистым материалом.  |
| Сели   | В целом вероятность незначительна; возможны сели, оплывины, грязекаменные потоки техногенного характера вследствие подмыва незарегулированными дождевыми и паводковыми водами отвалов, сложенных обломочным материалом с присутствием песчано-глинистых фракций. |
| Лавины   | Возможны в виде обрушения снежных козырьков, снеговых надувов на бортах карьеров, выемок и на снегозаносимых склонах круче 25–30°.   |
| Землетрясения  | Район сейсмичен. Согласно СНиП II-7–81. Строительство в сейсмических районах, проектирование и строительство должно вестись с учетом карт общего сейсмического районирования (ОСР) территории РФ, относящих Алданский щит к 7-балльной площади по шкале MSK-64.  |
| Абразия и термоабразия                                 | Возможны в бортах естественных и техногенных водотоков, сложенных мерзлыми и протаивающими грунтами гравийно-песчаных фракций, при подмыве отвалов и др.   |
| Переработка берегов водохранилищ                       | Возможна при интенсивном ветровом режиме и волно-нагонном воздействии на защитные вододерживающие насыпные сооружения (дамбы, борта хвостохранилищ и т.д).   |
| Карст  | Район карстоопасен.  |
| Суффозия   | Вероятна в податливых к инфильтрации грунтах.  |
| Просадочность лессовых пород                           | Типичные лессовые породы для района не характерны.   |
| Подтопление территории                                 | Представляется достаточно вероятным в зависимости от высотного уровня территории, режима схода льда в русле р.Алдан и амплитуды паводков в ближайших реках.  |
| Эрозия плоскостная и овражная                          | Незначительна, но полностью не исключается в виде термоэрозии при соответствующем составе грунтов.   |
| Эрозия речная  | Возможна при достижении водотоками размывающих скоростей течения.  |
| Термоэрозия овражная                                   | Вероятность незначительна, однако может проявиться в локальных случаях.  |
| Термокарст   | Возможны локальные проявления.   |
| Солифлюкция  | Возможна локально.   |
| Наледообразование                                      | Характерно для района.   |
| Наводнения   | Возможны в долине р.Алдан и ее наиболее крупных притоков.  |
| Ураганы, смерчи  | Маловероятны.  |
| Цунами   | Абсолютно исключены.   |

ственной власти, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц по вопросам состояния окружающей среды;

- формирование государственных информационных ресурсов о состоянии окружающей среды;
- обеспечение участия Российской Федерации в международных системах экологического мониторинга. [1, 3, 5–12].

Все виды мониторинга должны осуществляются специально созданной в Эльконском горно-металлургическом комбинате службой мониторинга, либо подрядными организациями, имеющими лицензии на проведение инженерно-экологических изысканий.

Областью функционирования экологического мониторинга являются установленные проектом границы (зоны) воздействия проектируемого объекта на компоненты природной среды и условия жизни населения.

Локальный экологический мониторинг на планируе-

мых объектах (отвалах, хвостохранилище и т.д.) должен быть составной частью системы экологического мониторинга Эльконского горно-металлургического комбината.

Район ведения мониторинга определяется местоположением проектируемого предприятия. Расположение пунктов наблюдения стационарной сети определяется содержанием решаемых задач, особенностями природной обстановки, контролирующими пути миграции, аккумуляции и выноса загрязнений.

Радиоэкологические исследования, проведенные в районе Эльконского ураново-рудного района, начиная с начала 90-х годов прошедшего столетия, и по сей день показывают, что на отдельных техногенных участках сложилась напряженная радиоэкологическая обстановка. Определенная часть отвалов радиоактивных горных пород, складированных на дневную поверхность, представляют собой особо опасные источники радионуклидного загрязнения основных компонентов горно-таежных

экосистем в результате ветрового и водного рассеивания, а также эманирования (радоновыделения). Вследствие чего в процессе длительного (30–40 лет) техногенного загрязнения экосистем происходило накопление естественных радионуклидов, и в особенности урана, в некоторых компонентах таежно-мерзлотных ландшафтов в количествах по уровню активности превышающей или приближающейся к нормам, установленным для радиоактивных отходов (НРБ-99). По результатам проведенных исследований к таким компонентам можно отнести некоторые виды мхов, гидроморфные почвы и донные отложения. При этом миграция радионуклидов осуществляется на значительные расстояния, а техногенные радиоактивно-загрязненные участки занимают здесь значительные площади. Все это указывает на необходимость организации комплексного долгосрочного радиоэкологического мониторинга в данном районе.

Первоначальным этапом таких работ должно быть проведение гамма- и гамма-спектральной и эманиционной экспрессных съемок с помощью специального инструментального радиометрического оборудования. Поскольку формы и размеры отвалов совершенно разные, то при обследовании техногенных участков нельзя проводить съемку по какой-то строго определенной сети. Можно использовать радиальные и квадратные сети наблюдения, либо произвольные точки наблюдения. В любом случае плотность сети наблюдения должна обеспечить представительную оценку основных измеряемых радиационных параметров (мощность экспозиционной дозы, концентрация естественных радиоактивных элементов, плотность потока радона) отвалов радиоактивных горных пород. Нужно отметить, что в зоне ветрового рассеивания сцинтилляционные пешеходные радиометры, например СРП-68-01, не позволяют до конца оценить границу загрязнения. Так, по розе ветров на расстоянии около 600–1000 м от источника загрязнения при уровне гамма-фона 7–12 мкР/ч в верхней части почвенного профиля все же обнаруживаются повышенные содержания радионуклидов. Это означает, что реальные границы ветрового рассеивания радионуклидов от источников загрязнения можно обнаружить только непосредственно по их содержанию в почвах.

Опыт проведенных работ также показывает, что образцы почв нужно отбирать по горизонтам (опад, лесная подстилка, дернина, перегнойный и гумусовый, а также горизонты минеральной части) по направлению ветрового рассеивания радионуклидов через 50–250 м до выхода фиксируемого загрязнения на фоновый уровень. Помимо почвенных проб, в местах наблюдений необходимо также отбирать растительные пробы (мхи, лишайники, высшие растения). При отборе образцов древесно-кустарниковых растений, необходимо их разделять на компоненты: хвою (листья), ветви, кору и древесину.

Особые подходы должны быть осуществлены также при изучении водного рассеивания радионуклидов из отвалов. Опыт наших работ показывает, что водное рассеивание радионуклидов хорошо обнаруживается гамма-съемкой на значительных расстояниях по вектору стока водотоков от источников загрязнения. При этом в дон-

ных отложениях и аллювиальных почвах радиоактивное равновесие между ураном и радием нарушено, как правило, в сторону избытка урана. Поэтому оценки концентраций урана по радю, как полевыми, так и лабораторными гамма-спектральными методами являются не совсем корректными. В данном случае, концентрацию урана лучше определять в лабораторных условиях в исследуемых образцах другими методами, например, рентгено-спектральным. В зоне водного рассеивания наиболее информативными объектами радиоактивного загрязнения являются гидроморфные (аллювиальные и болотные) почвы, донные отложения, а из растений – гидрофильные мхи и травы. Отбор проб следует проводить через 100–350 м до выхода загрязнения на фоновый уровень.

Особые требования при проведении радиоэкологического мониторинга на исследуемой территории должны быть предъявлены к оценке фоновых концентраций естественных радионуклидов в основных компонентах горно-таежных ландшафтов (поверхностные воды, донные отложения, почвы, растения и недревесные ресурсы леса). В силу геологических особенностей Эльконского ураново-рудного района (Эльконский горст) радиационная обстановка здесь исходно неоднородная. На исследуемой территории отмечаются многочисленные выходы горных пород с повышенным естественным радиационным фоном. На выходах таких пород концентрация радионуклидов в основных компонентах ландшафтов должна быть повышенной по сравнению с их кларковым содержанием. Это обстоятельство необходимо в обязательном порядке учитывать при проведении радиоэкологических мониторинговых работ.

Результаты проведенных радиоэкологических исследований показывают, что в настоящее время, в местах складирования радиоактивных горных пород идет интенсивный бесконтрольный процесс рассеивания радионуклидов ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{210}\text{Pb}$ ) из отвалов в результате водного и ветрового переноса, а также посредством эманирования. Поэтому в комплексе прочих проектируемых природоохранных мероприятий на Эльконском горсте, особенно в период начала промышленного освоения, необходима организация долгосрочного комплексного радиоэкологического мониторинга исследуемых таежно-мерзлотных ландшафтов. В этом плане, на наш взгляд, под контролем постоянно должны находиться водное рассеивание урана и других радионуклидов из отвалов, оцененное по сезонам года (зима, весна, лето и осень) при разных режимах стока (паводковый и меженный) рек и ручьев. Кроме того, необходимо определять уровни радиационного фона и плотности потока радона, а также оценку ветрового переноса радионуклидов на разных расстояниях от источников загрязнения, с фиксацией точек наблюдения с помощью GPS. При этом объектами комплексного радиоэкологического мониторинга должны быть по возможности все основные компоненты ландшафтов. В зоне воздействия отвалов нужно периодически контролировать уровень загрязненности радионуклидами местных продуктов питания и недревесных ресурсов леса (грибов, ягод, мяса пернатой дичи и диких животных).

В процессе миграции радионуклидов в техногенных зонах Эльконского ураново-рудного района нужно различать три формы рассеивания радионуклидов: 1) ветровую (эоловую); 2) водную (гидрогенную); 3) механическую (антропогенную). Значение последней формы рассеивания радионуклидов особенно возрастает в момент начала промышленного освоения данных месторождений, когда ожидается интенсивное передвижение технологического автотранспорта, перевозящего рудную массу, а также проведение буровзрывных работ.

**Предложения по организации мониторинга по оценке качества среды.** В программу комплексного экологического мониторинга желательно включить оценку качества среды по показателям нарушения стабильности развития организмов. Эта методика рекомендована для оценки антропогенного воздействия на наземные экосистемы МПР РФ (Приказ № 460-р от 16.10.2003 г.).

Преимущества данной методики:

- достаточно проста в сборе и обработке материала;
  - не требует дорогостоящего оборудования;
  - отражает общий уровень качества среды, формируемый комплексом негативных факторов разной природы;
  - широко применяется на территории РФ, благодаря чему результаты сопоставимы с другими регионами.
- Предложения по организации мониторинга:**
- необходимо заложить несколько стационарных точек в районе строительства ГМК, на местах длительного антропогенного воздействия, а также на девственных территориях;
  - отбор проб проводить ежегодно в середине-конце летнего периода, когда листовая пластинка полностью сформирована;
  - для получения объективных результатов использовать несколько модельных видов – березы плосколистную и растопыренную, ольховник кустарниковый, мелких млекопитающих;
  - исследования проводить в сочетании экогеохимическими данными и точной дозиметрией исследуемых точек;
  - дополнить биоиндикацию наземных экосистем исследованиями по фитотоксичности почв и семенной продуктивности растений.

#### **Литература**

1. *Временное положение о горно-экологическом мониторинге. Утверждено 16 мая 1997 г.* – М. : Госгортехнадзор, 1997. – 10 с.

2. *Максимов Е.П. Мезозойские рудоносные магматогенные системы Алдано-Станового щита : дис. ... докт. геол.-мин. наук.* – Якутск, 2003. – 385 с.
3. *Маргулис У.Я., Брегадзе Ю.И. Радиационная безопасность. Принципы и средства ее обеспечения.* – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 120 с.
4. *Наумов С.С., Шумилин В.М. Урановые месторождения Алдана // Отечественная геология.* – 1994. – № 11–12. – С. 20–23.
5. *Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы.* – М. : Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. – 116 с.
6. *Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1.799–99.* – М. : Минздрав России, 2000. – 98 с.
7. *Собакин П.И., Чевычелов А.П., Ушницкий В.Е. Радиоэкологическая обстановка на территории Якутии // Радиационная биология. Радиоэкология.* – 2004. – Т. 44, № 3. – С. 283–288.
8. *Хайкович И.М., Мац Н.А., Харламов М.Г. Классификация месторождений полезных ископаемых по радиационной опасности // Региональная геология и металлогения.* – 1999. – № 8. – С. 131–140.
9. *Чевычелов А.П., Собакин П.И. Радиоактивное загрязнение мерзлотных почв <sup>238</sup>U в зоне урановых месторождений Центрального Алдана (Южная Якутия) // Современные проблемы загрязнения почв : матер. II межд. научн. конф. – 2007. – Т. 1. – С. 261–264.*
10. *Чевычелов А.П., Собакин П.И., Кузнецова Л.И. О роли аллювиального процесса в радиоактивном загрязнении почв техногенных таежно-мерзлотных ландшафтов Эльконского ураново-рудного района // Ноосферные изменения в почвенном покрове : матер. межд. научн.-практич. конф. Владивосток. – 2007. – С. 153–156.*
11. *Чевычелов А.П., Собакин П.И., Молчанова А.В. Особенности техногенного загрязнения мерзлотных почв горно-таежных ландшафтов Южной Якутии естественными радионуклидами <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra // Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем : матер. межд. конф. – Ростов-на-Дону, 2006. – С. 453–455.*
12. *Чевычелов А.П., Собакин П.И., Ушницкий В.Е. Ландшафтно-климатические и почвенно-геохимические условия миграции естественных радионуклидов в ландшафтах зоны урановых месторождений Центрального Алдана (Южная Якутия) // Вестник Томского государственного университета.* – 2003. – № 3 (IV). – С. 312–314.