DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-18-27
УДК: 574:614.876(571.56)

Радиоэкологические исследования после завершения разведочных работ на Томторском редкометалльном месторождении (Республика Саха (Якутия))

В.В. Касаткин, А.В. Касаткин, В.А. Ильичев, Н.С. Седов, Е.М. Василенко, С.В. Евдокимов

Госкорпорация Росатом, Акционерное Общество «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

В 2017 г. специалистами лаборатории радиационной безопасности Акционерного Общества «ВНИПИпромтехнологии» было проведено радиоэкологическое исследование участков «Буранный», «Северный» и «Южный» на территории Томторского редкометалльного месторождения (северная часть Оленекского улуса Республики Саха (Якутия)). К этому времени на месторождении были завершены геологоразведочные работы с оценкой радиационной обстановки. В связи с тем, что объем полученной информации оказался недостаточным для всестороннего анализа и прогноза радиационной обстановки, а оценка ведущих радиационных факторов противоречила представлениям о роли техногенного излучения, было решено провести дополнительное радиоэкологическое обследование на месторождении и на прилегающей к нему территории. Целью исследования являлась оценка текущего состояния радиационной и экологической обстановки в окрестностях площадок буровых разведочных скважин и производственных помещений на Томторском месторождении с установлением сравнительной роли техногенного и природного факторов. Программа исследований включала в себя полевые и лабораторные работы: гамма-съемка территории, измерение плотности потока альфа- и бета-частиц, гамма-спектрометрические измерения, отбор проб окружающей среды, остатков бурового шлама и керна, проведение исследований содержания природных и техногенных радионуклидов, а также отдельных химических элементов в отобранных пробах. По результатам исследований сделан вывод о нормальной радиационной обстановке в целом на территории месторождения и отсутствии дополнительного облучения населения. Отдельные локальные радиоактивные загрязнения были связаны с техногенным воздействием на экологию месторождения при выполнении разведочного бурения с извлечением на поверхность площадок радиоактивного керна из рудного тела. При этом дополнительное облучение людей для наиболее вероятного гипотетического сценария не превысит пределов допустимых нормативных доз.

Ключевые слова: *радиоэкологическое исследование, природные радионуклиды, техногенное воздействие, мощность дозы, тяжелые металлы, Томторское редкометалльное месторождение.*

Введение

Томторское редкометалльное месторождение находится на северо-западе республики Саха (Якутия) в пределах Оленёкского улуса, в 400 км к югу от побережья моря Лаптевых, на водоразделе рек Уджа и Чымара. Ближайшие населенные пункты – села Саскылах и Жилинда.

Массив Томтор был выявлен в 1959 г. геологами НИИГА С.А. Гулиным и Э.Л. Эрлихом. Поисково-оценочные работы на ниобий и прочие редкоземельные металлы начались в 1985 г. Интенсивное разведочное бурение с созданием кернохранилищ началось после 2010 г.

На данный момент на территории Томторского месторождения закончилась геологоразведка компанией «Восток-Инжиниринг» [1–10]. В ближайшем будущем запланирована подготовка технического проекта и проектов оценки воздействия на экологическую и этнологическую среду, проектирование и строительство объектов инфраструктуры с последующим вводом в эксплуатацию горного предприятия. Планируемый срок разработки (эксплуатации) месторождения – 25 лет.

Цель исследования

В летне-осенний период 2017 г. было проведено радиоэкологическое исследование Томторского месторождения после завершения разведочных работ. Целью работы была оценка текущего состояния радиационной и экологической обстановки в окрестностях площадок буровых разведочных скважин и производственных помещений на Томторском месторождении с установлением роли техногенного фактора в формировании радиационной обстановки.

Работы проведены в два этапа:

– полевые экспедиционные работы, включающие в себя полевое обследование площадок современных бу-

Касаткин Владимир Викторович
Госкорпорация Росатом, Акционерное Общество «ВНИПИпромтехнологии»
Адрес для переписки: 115409, Москва, Каширское шоссе, 33; E-mail: Kasatkin.V.V@vnipipt.ru

ровых разведочных работ и территорий, прилегающих к производственным помещениям, на участках «Буранный», «Северный», «Южный» Томторского месторождения и фоновых участках;

– лабораторные исследования отобранных проб на содержание техногенных и природных радионуклидов, тяжелых и редких металлов, оценка текущего состояния радиационной и экологической обстановки на обследуемой территории.

Задачи исследования

Анализ обобщенных сведений о радиационной обстановке на объекте по результатам обследований прошлых лет показал, что объем имеющейся информации недостаточен для содержательного анализа радиационной обстановки на месторождении. В связи с этим было принято решение о проведении углубленного радиационного обследования территории, необходимого как базис для последующего мониторинга по радиационному фактору, а также установлении роли техногенных процессов в формировании дополнительного облучения населения.

Материалы и методы

Рабочая программа полевых работ включала в себя следующие виды работ: гамма-съемка территории, измерение плотности потока альфа- и бета-частиц, полевые гамма-спектрометрические измерения, отбор проб окружающей среды, остатков бурового шлама и керна.

Лабораторные радиометрические, спектрометрические и радиохимические исследования отобранных проб выполнены в лаборатории радиационной безопасности АО «ВНИПИпромтехнологии».

Определение мощности дозы гамма–излучения

Для измерения мощности дозы гамма-излучения с топографической привязкой использовался полевой прибор дозиметр-радиометр ДКГ-01 «Сталкер» (Россия). Измерения проводились на высоте 1 м от поверхности земли непрерывно по различным направлениям с автоматическим интервалом записи через каждые 15 с.

Для локальных измерений мощности дозы гамма-излучения на буровых скважинах и в производственных помещениях использовался полевой прибор дозиметр-радиометр МКС/СРП-08А (Россия). Измерения проводились на расстоянии 0,5–1 см от поверхности исследуемого объекта.

Измерение плотности потока альфа– и бета–частиц

В местах с повышенным уровнем мощности дозы гамма-излучения одновременно с измерением мощности дозы проводились измерения плотности потока альфа- и бета-частиц. Измерения проводились дозиметром – радиометром МКС/СРП-08А с α- и β-датчиками вплотную к контролируемой поверхности, при необходимости очищенной от растительности.

Выполнение гамма–спектрометрических измерений

Определение спектрального состава поля гамма-излучения было осуществлено с помощью полевого гамма-спектрометра МКС-01А «Мультирад» (Россия). Детектор гамма-спектрометра располагался вплотную к земной поверхности.

Отбор проб

Отбор проб почвы был осуществлен в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». При отборе проб определялся тип почвы и видовой состав растительного покрова.

Отбор проб растительности проводился на тех же участках, где проводился отбор почвы. Масса пробы составляла не менее 0,5 кг из расчета на сырой вес.

Отбор проб дикорастущих пищевых продуктов (грибы, ягоды) был осуществлен в соответствии с МУК 2.6.1.1194-03 «Радиационный контроль. Стронций-90, цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка». Масса пробы составляла не менее 0,5 кг из расчета на сырой вес.

Отбор проб воды был осуществлен в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Для определения альфа- и бета- активности, содержания тяжелых металлов пробы помещались в пластиковые ёмкости. Пробы воды для определения содержания трития отбирались в стеклянные вакуумированные ёмкости объёмом около 50 мл. Для определения в пробах радона проводился барботаж с последующим измерением радона в полевых условиях в течение 24 ч после отбора пробы.

Для каждой пробы составлялся акт отбора, в котором указывалось название места отбора, географические координаты, ландшафтно-геохимические особенности, положение в микро- и мезорельефе, тип растительного сообщества и почв. Акты подписывались специалистами АО «ВНИПИпромтехнологии» и директором МУП «Жилиндинский».

Методики лабораторных анализов

Исследование содержания тяжелых металлов Pb, Zn и редких металлов Y, Nb, La, Ce, естественных радионуклидов Th, U в пробах почвы и грунта проводилось методом количественного химического анализа (КХА) – атомно-эмисионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой (АЭС ИСП). Исследования проводились в соответствии с методикой «Определение элементного состава горных пород, почв, грунтов и донных отложений атомно-эмисионным с индуктивно-связанной плазмой и масс-спектральным с индуктивно связанной плазмой методами».

Определение удельной активности радионуклидов в грунтах проводилось в соответствии с МВИ №40090.Н700 «Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс»» и ГОСТ Р 54038-2010 «Почвы. Метод измерения ^{137}Cs».

Определение удельной суммарной альфа- и бета-активности в воде открытых водоемов проводилось в соответствии с ГОСТ 31864-2012 «Вода питьевая. Метод определения суммарной удельной альфа-активности радионуклидов» и МВИ 40090.5 «Методика измерения суммарной альфа-активности с использованием сцинтилляционного альфа-радиометра с программным обеспечением «Прогресс».

Определение удельной активности трития в воде определялось согласно методике определения ОА трития в воде на жидкостно-сцинтилляционных радиометрах серии Tri-Carb и Quantulus.

Определение содержания металлов Al, Ba, Hg и Pb проводилось методами КХА – АЭС ИСП и атомно-абсорбционной спектрофотомерии (ААС).

Определение удельной активности ^{210}Pb, ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах растительности и природных пищевых продуктов проводилось в соответствии с МУК 2.6.1.1194-03 «Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка».

В таблице 1 приведен список полевых приборов и лабораторных установок, используемых в работе.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования гамма-поля на территории Томторского месторождения (участок «Буранный») представлены в виде карты-схемы на рисунке 1.

Значительные превышения естественного радиационного фона (ЕРФ) зафиксированы внутри и вблизи кернохранилищ. На территории, прилегающей непосредственно к кернохранилищу на участке «Буранный», мощность дозы гамма-излучения находится в диапазоне 0,750,90 мкЗв/ч, в проходах самого кернохранилища

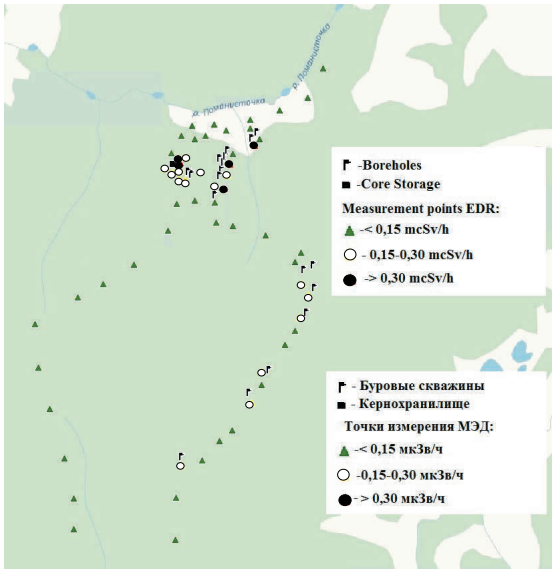

Рис. 1. Гамма-съемка территории участка «Буранный»
[Fig. 1. Gamma-survey of the territory of the Buranny site]

Таблица 1

Средства измерений

[Table 1

Means of measurement]

№ п/п	Средства измерения [Means of measurement]		Примечание [Note]
	Назначение [Appointment]	Тип [Type]	
	Измерение МЭД		
1	γ-излучения с непрерывной регистрацией значений МЭД и координат каждой точки [EDR measurement of γ-radiation with continuous registration values EDR and coordinates of every points]	ДКГ-01 «СТАЛКЕР» [DKG -01 «STALKER»]	Полевой радиометр [Field radiometer]
2	Измерение γ-излучения вплотную к исследуемой поверхности, измерение плотности потока α- и β-частиц [Measurement of γ-radiation close to the investigated surface, measurement of α- and β- particle flux density]	МКС/СРП-08А [MKS/SRP -08A]	Полевой радиометр [Field radiometer]
3	Гамма-спектрометрические измерения, определение удельной активности радона в воде [Gamma-spectrometric measurements, determination of radon specific activity in water]	Установка спектрометрическая МКС-01А «Мультирад» (Навигатор) [Spectrometric installation MKS-01A «Multirad»(Navigator)]	Полевая спектрометрическая установка [Field spectrometric installation]
4	α-излучение, β-излучение, удельная активность трития [α-radiation, β-radiation, specific activity of tritium]	Жидкостной сцинтилляционный радиометр спектрометрический Tri-Carb 2910TR [Liquid scintillation radiometer spectrometric Tri-Carb 2910TR]	Лабораторная установка [Laboratory unit]
5	Определение состава и активности отдельных бета- и гамма-излучающих радионуклидов, суммарной альфа- и бета-активности [determination of the composition and activity of individual β- and γ- radiating radionuclides, total γ- and β- activity]	Установка спектрометрическая МКС-01А «Мультирад» [Spectrometric installation MKS-01A «Multirad»]	Лабораторная установка [Laboratory unit]
6	Определение содержания тяжелых и редких металлов, природных радионуклидов [determination of the content of heavy and rare metals, natural radionuclides]	Спектрометр эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой Agilent 725 ICP-OES [Emission spectrometer with inductively coupled plasma Agilent 725 ICP-OES]	Лабораторная установка [Laboratory unit]
7	Определение содержания тяжелых и редких металлов [determination of the content of heavy and rare metals]	Спектрофотометр атомно-абсорбционный SpectrAA [Atomic absorption spectrophotometer]	Лабораторная установка [Laboratory unit]

– 0,30–0,60 мкЗв/ч, вплотную к складированным ящикам с керном – максимально до 1,65 мкЗв/ч. На участке «Южный» находится заброшенное частично разрушенное кернохранилище, бывший лагерь геологоразведки «ЯкутскГеология» (рис. 2). Мощность дозы гамма-излучения в кернохранилище – 1,82–1,96 мкЗв/ч, на прилегающей к нему территории – до 0,90 мкЗв/ч.

Рис. 2. Вид на заброшенное кернохранилище
[Fig. 2. View of the abandoned core storage]

Превышения наблюдались также вплотную к устьям некоторых скважин – максимальная МЭД зафиксирована на устье скважины Д-17 (участок «Буранный») и составляет 0,54 мкЗв/ч.

В остальном на участках «Буранный», «Южный» и «Северный» Томторского месторождения мощность дозы гамма-излучения находится в диапазоне 0,03–0,12 мкЗв/ч (среднее значение – 0,09 мкЗв/ч), что соответствует ЕРФ, характерному для данного региона.

В таблице 2 представлены выборочные результаты гамма-съемки территории Томторского месторождения.

Представляет интерес сравнительная оценка гипотетических доз облучения для различных сценариев пребывания людей на загрязненных участках Томторского месторождения или на прилегающих территориях.

Сценарий 1 (крайне маловероятный). Постоянное нахождение (проживание) на загрязненных участках территории месторождения с повышенным техногенным радиационным фоном. Принимаем 8800 ч/год по НРБ-99/2009.

Сценарий 2 (гипотетический). Производственная деятельность на месторождении работников различных служб. Принимаем 1700 ч/год по НРБ-99/2009.

Сценарий 3 (гипотетический). Эпизодическое случайное пребывание на месторождении отдельных групп населения (охотники, рыбаки, сборщики даров приро-

Таблица 2

Гамма-съемка территории

[Table 2

Gamma survey of the territory]

	Точки измерения [measuring points]	Место расположения [location]	Координаты [coordinates[СШ/ВД [NL/EL]	МЭД γ-излучения, мкЗв/ч [EDR of γ-radiation, mcSv/h]
1	Берег р. Чымара [riverside of Chimara]	Рудная зона «Чымара» [ore zone Chimara[	70°59’07,7″ 116°20’02,0″	0,12
2	Скважина Д-13 [well D-13]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’09,2» 116°33’19,6”	0,16
3	Скважина Д-17 [well D-17]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’10,9» 116°33’21,1”	0,54
4	Скважина С-Д-16 [well S-D-16]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’09,2″ 116°33’19,6″	0,34
5	Скважина С-Д-14 [well S-D-14]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’11,8″ 116°32’48,1″	0,31
6	Скважина Д-19 [well D-19]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’13,9″ 116°33’08,4″	0,25
7	Скважина С-Д-18 [well D-18]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’18,2″ 116°33’12,0″	0,18
8	Скважина Д-19 [well D-19]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’06,7″ 116°32’55,1″	0,25
9	Кернохранилище [core storage]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’08,1″ 116°32’56,9″	0,90
10	Прилегающая территория [adjacent territory]	Участок «Буранный» [Buranny site]	71°03’08,1″ 116°32’56,9″	0,60
11	Заброшенное кернохранилище [abandoned core storage]	Участок «Южный» [South site]	71°00’30,1″ 116°32’48,0″	1,90
12	Прилегающая территория [adjacent territory]	Участок «Южный» [South site]	71°00’30,1″ 116°32’48,0″	0,90

Окончание таблицы 2

	Точки измерения [measuring points]	Место расположения [location]	Координаты [coordinates[СШ/ВД [NL/EL]	МЭД γ-излучения, мкЗв/ч [EDR of γ-radiation, mcSv/h]
13	Скважина ПР-51 [well PR-51]	Участок «Южный» [South site]	71°01'43,2» 116°33'07,6"	0,17
14	Скважина ПР-59 [well PR-59]	Участок «Южный» [South site]	71°01'53,1» 116°33'05,8"	0,18
15	Скважина ПР-54 [well PR-54]	Участок «Южный» [South site]	71°02'06,4» 116°33'12,5"	0,16
16	Скважина ПР-47 [well PR-47]	Участок «Южный» [South site]	71°02'15,4» 116°33'39,8"	0,08
17	–	Участок «Северный» [North site]	71°03'34,1″ 116°28'19,4″	0,06
18	Берег р. Поманисточка [riverside of Pomanistochka]	Участок «Северный» [North site]	71°03'30,2″ 116°29'4,0″	0,11

ды, туристы и др.). Принимаем 2 раза в год по 2 дня, т.е. 96 ч/год.

Сценарий 4 (наиболее реальный). Проживание в населенных пунктах в районе месторождения или временное нахождение в прилегающих к месторождению районах.

В таблице 3 представлены результаты расчетов дополнительных доз облучения от техногенных источников загрязнения. Для справки: предел дозы для населения составляет 1 мЗв.

В местах с повышенным значением мощности дозы гамма-излучения регистрируются также повышенные значения потока как альфа-, так и бета-частиц. В таблице 4 приведены типичные значения потока альфа- и бета-частиц.

Таблица 3

Расчетные дозы облучения

[Table 3

The estimated radiation dose]

№ п/п	Описание сценария [scenario description]	Место нахождения [location]	Время нахождения [time spent]	МЭД [EDR]	Доза облучения [radiation dose]
1	Постоянное нахождение (проживание) на загрязненных участках территории месторождения [permanent presence in contaminated areas of the field]	Кернохранилище участка «Буранный» [core storage of the buranny site]	8800 ч/год [hours/year]	0,90 мкЗв/ч [mcSv/h]	7,92 мЗв/год [mcSv/year]
		Промплощадка скважины [industrial site of the well]		0,54 мкЗв/ч [mcSv/h]	4,75 мЗв/год [mcSv/year]
2	Производственная деятельность на месторождении работников различных служб [production activity at the field of workers of various services]	Кернохранилище участка «Буранный» [core storage of the buranny site]	1700 ч/год [hours/year]	0,90 мкЗв/ч [mcSv/h]	1,53 мЗв/год [mcSv/year]
		Промплощадка скважины [industrial site of the well]		0,54 мкЗв/ч [mcSv/h]	0,92 мЗв/год [mcSv/year]
3	Эпизодическое случайное пребывание на месторождении отдельных групп населения [Occasional accidental stay at the field of certain groups of the population]	Кернохранилище участка «Буранный» [core storage of the buranny site]	96 ч/год [hours/year]	0,90 мкЗв/ч [mcSv/h]	86,4 мкЗв/год [mcSv/year]
		Промплощадка скважины [industrial site of the well]		0,54 мкЗв/ч [mcSv/h]	51,8 мкЗв/год [mcSv/year]
4	Проживание в населенных пунктах в районе месторождения [accommodation in the settlements in the field area]	п. Саскылах [v. Saskylakh]	8800 ч/год [hours/year]	0,07 мкЗв/ч [mcSv/h]	616 мкЗв/год [mcSv/year]
		п. Жилинда [v. Gilinda]		0,09 мкЗв/ч [mcSv/h]	792 мкЗв/год [mcSv/year]

Таблица 4

Результаты измерения плотности потока α- и β-частиц

[Table 4

Results of measurement of flux density of α- and β- particles]

№ п/п	Наименование точки [The name of the point]	Плотность потока α- частиц, част*см$^{-2}$*мин$^{-1}$ [Flux density of α- particles part*cm^{-2}*min^{-1}]	Плотность потока β-частиц, част*см$^{-2}$*мин$^{-1}$ [Flux density of β- particles part*cm^{-2}*min^{-1}]	Координаты (Coordinate system)	
				Широта (градусы, минуты, секунды) [Latitude (degrees, minutes, seconds)]	Долгота (градусы, минуты, секунды) [Longitude (degrees, minutes, seconds)]
1	Кернохранилище (мешки с керном) [core storage Bags with kern]	0,13	8	71°03'06,9″	116°32'00,0″
2	Промплощадка скважины Д-17 [The site of the well D-17]	0,04	15	71°03'10,9″	116°33'21,1″
3	Заброшенное кернохранилище [abandoned core storage]	0,06	23	71°00'30,1″	116°32'48,0″

По результатам гамма-съемки определены участки для проведения полевой гамма-спектрометрии. Спектральный состав поля гамма-излучения был определен с помощью полевого гамма-спектрометра МКС-01А «Мультирад» (Россия) (рис. 3).

Рис. 3. Гамма-спектрометрические измерения [**Fig. 3.** Gamma-spectrometric measurements]

На гамма-спектре около кернохранилища на участке «Южный» в районе заброшенного лагеря «ЯкутскГеология» явно выражены и идентифицируются программой обработки пики радия-226 (кэВ 188), тория-232 (кэВ 240), калия-40 (кэВ 1460), что обусловлено влиянием размещенного (разбросанного) рядом керна (рис. 4). На остальных гамма-спектрах, определенных на участках Южный (скважина ПР-47) и Буранный (около кернохранилища, скважина Д-13, скважина Д-17), едва различимы и плохо идентифицируются пики спектров радионуклидов калий-40 и радий-226.

На территории участков «Буранный», «Северный» и «Южный», а также на прилегающей территории был проведен отбор проб почвы, керна, почвогрунтов, загрязнённых остатками бурового шлама и керна, растительности (в том числе мха), дикорастущих пищевых продуктов (ягоды, грибы), воды поверхностных водоисточников.

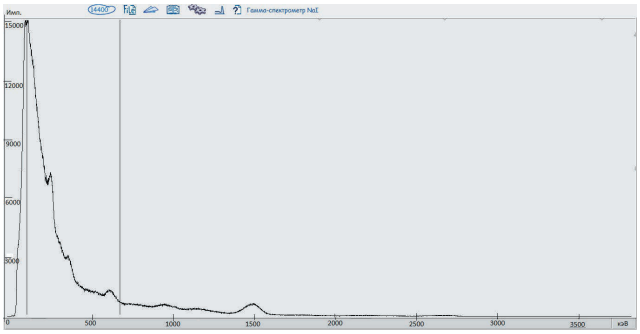

Рис. 4. Участок Южный, заброшенный лагерь «ЯкутскГеология» [**Fig. 4.** South section, abandoned camp «YakutskGeologia»]

Лабораторные исследования

В пробах воды определялась удельная суммарная альфа- и бета- активность, удельная активность (УА) радона и трития, концентрация металлов Al, Ba, Hg, Pb. По результатам проведенных анализов УА радона и трития не превышают уровни вмешательства, установленные Нормами радиационной безопасности (НРБ 99/2009), измеренные значения суммарной альфа- и бета-активности не превышают критерий предварительной оценки допустимости использования воды для питьевых целей (по показателю радиационной безопасности), установленный НРБ-99/2009. Результаты лабораторных исследований удельной суммарной альфа- и бета-активности, удельной активности радона и трития в пробах воды представлены в таблице 5.

Измеренная концентрация алюминия находится в диапазоне (0,051–0,065) мг/дм^3 и превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения, установленные Приказом № 552 от 13 декабря 2016 г. Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Таблица 5

Результаты анализа проб воды

[Table 5

The results of water samples analysis]

Место отбора [location]	Удельная активность, Бк/л [Specific activity, Bq/l]							
	^{3}H	УВ [LI]	^{222}Rn	УВ [LI]	УСАА [STAA]	КУ [CL]	УСБА [STBA]	КУ [CL]
р. Чымара [r. Chymara], 70°59'07,7″ 116°20'02,0″	<5*	7600	0,35±0,04	60	0,07	0,2	0,26	1,0
р. Поманисточка, [r.Pomanistochka] 71°03'11,8″ 116°32'48,1″	<5	7600	0,31±0,03	60	0,09	0,2	0,21	1,0
р. Онгучах [r. Onguchakh] 71°00'27,6″ 116°32'59,6″	<5	7600	0,42±0,04	60	0,05	0,2	0,24	1,0

В отобранных пробах почвы и грунтов определялось содержание тяжелых металлов Pb, Zn и редких металлов Y, Nb, La, Ce, радионуклидов ^{137}Cs, ^{40}K, ^{232}Th, ^{226}Ra. Результаты анализов показали, что удельная активность ^{137}Cs незначительно превышает фоновые значения, определенные в ходе радиоэкологического обследования в 2016 г. на территории наслегов Жилинда и Саскылах. Удельная активность радионуклидов ^{40}K, ^{232}Th, ^{226}Ra также незначительно превышает фоновые значения, что было предположено при проведении полевой гамма-спектрометрии. Результаты исследований представлены в таблице 6.

В отобранных пробах лесных грибов и ягод определялась удельная активность ^{137}Cs, ^{90}Sr. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 6

Результаты анализа проб грунта

[Table 6

Results of soil samples analysis]

№ п/п	Описание [description]	Вид пробы [type of sample]	Удельная активность сухой пробы, Бк/кг [Specific activity, Bq/kg]			
			^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra
1	Участок «Буранный», промплощадка скв.С-Д-16 [Buranny site, The site of the well S-D-16]	Почвогрунт [soil]	6,9±2,1	(3,18±1,30) *10^{2}	(1,34±0,21) *10^{2}	(2,52±0,51) *10^{2}
2	Участок «Буранный», промплощадка скв.Д-13 [Buranny site, The site of the well D-13]	Грунт, загрязненный остатками бурового шлама и керна [soil, contaminated with residues of sludge and core]	8,4±2,7	(7,41±0,92) *10^{2}	(1,41±0,35) *10^{2}	(0,32±0,08) *10^{2}
3	Участок «Буранный», промплощадка скв.Д-17 [Buranny site, The site of the well D-17]	Грунт, загрязненный остатками бурового шлама и керна [soil, contaminated with residues of sludge and core]	11,1±3,4	(5,14±0,94) *10^{2}	(1,00±0,12) *10^{2}	(0,53±0,09) *10^{2}
4	Участок «Буранный», территория, прилегающая к кернохранилищу [Buranny site, adjacent territory to core storage]	Почвогрунт [soil]	7,5±2,3	(4,94±1,00) *10^{2}	(1,01±0,12) *10^{2}	(0,90±0,15) *10^{2}
5	Участок «Южный», скв.ПР-47 [South site, well PR-47]	Грунт, загрязненный остатками бурового шлама и керна [soil, contaminated with residues of sludge and core]	6,0±1,8	(8,41±1,01) *10^{2}	(4,43±0,91) *10^{2}	(3,44±0,90) *10^{2}
6	Территория, прилегающая к заброшенному кернохранилищу (лагерь «ЯкутскГеология») [adjacent territory to abandoned core storage (camp Yakutsk Geologia]	Почвогрунт [soil]	10,2±3,1	(9,43±0,93) *10^{2}	(5,31±1,02) *10^{2}	(8,54±1,24) *10^{2}

Таблица 7

Результаты анализа проб грибов и ягод

[Table 7

Results of mushrooms and berries samples analysis]

Тип пробы [type of sample]	Лаб. № [lab №]	Удельная активность, Бк/кг [specific activity, Bq/kg]	
		^{137}Cs	^{90}Sr
Ягоды (голубика) [blueberry]	299-17	0,54±0,05	0,26±0,03
Грибы (сев. маслята) [mushrooms Suillus sp.]	300-17	0,49±0,05	0,11±0,01
Ягоды (голубика) [blueberry]	318-17	0,61±0,06	0,36±0,04
Грибы (сев. маслята) [mushrooms Suillus sp.]	319-17	0,75±0,08	0,20±0,02

Измеренные значения удельной активности ^{137}Cs не превышают допустимого уровня, установленного СанПиН 2.3.2.1078-01. Удельная активность ^{90}Sr не нормируется.

Заключение

Обследованные участки территории Томторского редкометалльного месторождения и объекты окружающей среды в целом характеризуются естественным радиационным фоном, присущим данному региону, определяемым по результатам ежегодных наблюдений. Дополнительного радиационного воздействия на население поселков и на окружающую природную среду прилегающих территорий в настоящее время не отмечено.

В то же время имеются отдельные локальные производственные участки, где наблюдается повышенный радиационный фон. Это относится к керноханилищам, содержащим радиоактивный керн из разведочных буровых скважин, к прилегающим к ним территориям и к промплощадкам самих разведочных скважин. Поэтому отдельные категории населения (охотники, туристы, работники промысла) могут подвергнуться дополнительному облучению в дозах, зависящих от времени и места нахождения людей на аномальных участках. Отклонения от значений естественного радиационного фона определяются исключительно деятельностью по разведке месторождения, то есть являются техногенным воздействием, несмотря на природный характер самих радионуклидов.

Оценка дополнительных потенциально возможных доз облучения на отдельных загрязненных участках Томторского месторождения показывает, что доза дополнительного облучения при случайном пребывании людей на месторождении не превысит допустимых пределов, установленных Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009, – 1мЗв/год.

Полученные в ходе исследований радиоэкологические характеристики представляют собой начальный этап обязательного радиационного мониторинга при разработке Томторского редкометалльного месторождения. При этом состав и объем мониторинга должны определяться программой в общем контексте проекта обеспечения радиационной безопасности населения и охраны окружающей среды.

Литература

1. Каткова, М.Н. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2016 году. Ежегодник / М.Н. Каткова [и др.]. – Обнинск: ФГБУ НПО «Тайфун», 2017. – гл. 2.8. – С. 145–151.
2. Интернет-портал «Якутия. Образ будущего»: http://yakutiafuture.ru/2015/11/22/tomtorskoe-mestorozhdenie-rzm-2-chast-obshhaya-informaciya/ (дата обращения: 12.06.2017 г.).
3. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск, 2004. – 342 с.
4. Саввинов, Д.Д. Почвы Якутии / Д.Д. Саввинов // Якутское книжное издательство, 1989. – 149 с.
5. Десяткин, Р.В. Почвы Якутии / Р.В. Десяткин, М.В. Оконешников, А.Р. Десяткин. – Якутск: Бичик, 2009. – 61 с.
6. Кравченко, СМ. Скандиево-редкоземельно-иттриево-ниобиевые руды – новый тип редкометального сырья / СМ. Кравченко, А.Ю. Беляков, А.И. Кубышев, А.В. Толстов // Геология рудных месторождений. – 1990. – Т. 32, № 11. – С. 105–109.
7. Лапин, А.В. Новые уникальные месторождения редких металлов в корах выветривания карбонатитов / А.В. Лапин, А.В. Лапин // Разведка и охрана недр. – 1993. – № 3 – С. 7–11.
8. Собакин, П.И. Глобальное загрязнение 137Cs на территории Якутии / П.И. Собакин, В.Е. Ушницкий, Е.С. Захаров // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы Междунар. конф. – Томск, 4–8 июня 2013 г. – Томск, 2013.
9. Собакин, П.И. Радиоэкологическая обстановка на территории Республики Саха (Якутия) / П.И. Собакин, А.П. Чевычелов, Я.Р. Герасимов, А.А. Перк // Материалы VI Междунар. конф. – Томск, 13–16 сентября 2016 г. – Томск: БТТ, 2016. – С. 591–592.
10. Толстов, А.В. Комплексная оценка Томторского месторождения / А.В. Толстов, А.П. Гунин // Вестник Воронежского университета. Геология. – 2001. – Вып.11. – С. 144–166.

Поступила: 15.10.2018 г.

Касаткин Владимир Викторович – кандидат технических наук, начальник лаборатории радиационной безопасности Акционерного Общества «ВНИПИпромтехнологии». **Адрес для переписки: 1**15409, Москва, Каширское шоссе, 33; E-mail: Kasatkin.V.V@vnipipt.ru

Касаткин Андрей Владимирович – заместитель начальника лаборатории радиационной безопасности Акционерного Общества «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

Ильичев Вячеслав Алексеевич – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник Акционерного Общества «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

Седов Николай Сергеевич – ведущий инженер Акционерного Общества «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

Василенко Евгений Михайлович – ведущий инженер Акционерного Общества «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

Евдокимов Сергей Виталиевич – старший специалист Акционерного Общества «ВНИПИпромтехнологии», Москва, Россия

Для цитирования: Касаткин В.В., Касаткин А.В., Ильичев В.А., Седов Н.С., Василенко Е.М., Евдокимов С.В. Радиоэкологические исследования после завершения разведочных работ на Томторском редкометалльном месторождении (Республика Саха (Якутия)) // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 4. – С. 18-27. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-18-27

Post-prospecting radioecological surveys on the Tomtorskoye rare metal deposit (Sakha Republic (Yakutia))

Vladimir V. Kasatkin, Andrey V. Kasatkin, Vyacheslav A. Ilyichev, Nikolay S. Sedov, Evgeniy M. Vasilenko, Sergey V. Evdokimov

ROSATOM State Atomic Energy Corporation, Joint-stock company VNIPIpromtekhnologii, Moscow, Russia

In 2017, the specialists of the radiation safety laboratory of JSC «VNIPIpromtekhnologii» conducted a radioecological examination of the «Buranny», «Severny» and «Yuzhny» sites in the Tomtorskoe rare metal deposit (the northern part of the Olenek ulus of the Sakha Republic (Yakutia)). By this time, exploration work was completed at the field with an assessment of the radiation situation. Due to the fact that the amount of information received was not sufficient for a comprehensive analysis and prediction of the radiation situation, it was decided to conduct an additional radioecological survey at the field and in the adjacent area. The research program included field and laboratory work: gamma surveying of the territory, measuring the flux density of alpha and beta particles, gamma spectrometric measurements, environmental sampling, residues of drill cuttings and core, conducting research on the content of natural and man-made radionuclides, as well as individual chemical elements in the selected samples. According to the results of the research, a conclusion was drawn about the normal radiation situation in general in the field. Certain sites of the radioactive contamination was associated with an anthropogenic impact on the ecology of the field during exploratory drilling with the extraction of core from the ore body to the surface of the sites.

Key words: *radioecological research, technogenic impact, natural radionuclides, dose rate, heavy metals, Tomtorskoe rare metal deposit.*

References

1. Katkova M.N. [et al.] Radiation situation on the territory of Russia and neighboring countries in 2016. Annual report. Obninsk, FGBU NPO “Taifun”, 2017, chapter 2.8, pp. 145-151. (In Russian)
2. Internet-portal “Yakutia. The image of the future”. – Available on: http://yakutiafuture.ru/2015/11/22/tomtorskoe-mestorozhdenie-rzm-2-chast-obshhaya-informaciya/ (Accessed: 12.06.2017). (In Russian)
3. Shishov L.L., Tonkonogov V.D, Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Classification and diagnostics of Russian soils. Smolensk, 2004, 342 p. (In Russian)
4. Savvinov, D.D. Soils of Yakutia. Yakutia book publishing, 1989, 149 p. (In Russian)

Vladimir V. Kasatkin
Joint-stock company VNIPIpromtekhnologii
Address for correspondence: Kashirskoye highway, 33, Moscow, 115409; E-mail: Kasatkin.V.V@vnipipt.ru

5. Desyatkin R.V., Okoneshnikov M.V., Desyatkin A.R. Soils of Yakutia. – Yakutsk, 2009, 61 p. (In Russian)
6. Kravchenko S.M., Belyakov A.Yu., Kubyshev A.I., Tolstov A.V. Scandium-rare-earth-ittrium-niobium ores – new type of rare metal raw materials. Geologiya rudnykh mestorozhdeniy = Geology of raw deposits, 1990, Vol. 32, № 11, pp. 105-109. (In Russian)
7. Lapin A.V., Lapin A.V. New unique deposits of rare metals in the weathering cores of carbonatites. Survey and protection of mineral resources. 1993, №3, pp. 7-11. (In Russian)
8. Sobakin P.I., Ushnitskiy V.E., Zakharov E.S. Global contamination by ^{137}Cs on the territory of Yakutia. Radioactivity and radioactive elements in the environment: materials of the international conference. Tomsk, June 4-8, 2013, Tomsk, 2013. (In Russian)
9. Sobakin P.I., Chevychelov Ya.R., Gerasimov A.P., Perk A.A. Radioecological situation on the territory of the Republic of Saha (Yakutia). Materials of the VI international conference Tomsk, September 13-16, 2016, Tomsk BTT, pp. 591-592. (In Russian)
10. Tolstov A.V., Gunin A.P. Complex evaluation of the Tomtor deposit. Vestnik Voronezhskogo universiteta. Geologiya = Bulletin of the Voronezh university. Geology, 2001, issue 11, pp. 144-166. (In Russian)

Received: October 15, 2018

For correspondence: Vladimir V. Kasatkin – PhD, head of the radiation safety laboratory, Joint-stock company «VNIPIpromtekhnologii» (Kashirskoye highway, 33, Moscow, 115409; E-mail: Kasatkin.V.V@vnipipt.ru)

Andrey V. Kasatkin – Deputy head of the radiation safety laboratory, Joint-stock company «VNIPIpromtekhnologii», Moscow, Russia

Vyacheslav A. Ilyichev – PhD, lead scientist, Joint-stock company «VNIPIpromtekhnologii», Moscow, Russia

Nikolay S. Sedov – Lead engineer, Joint-stock company «VNIPIpromtekhnologii», Moscow, Russia

Evgeniy M. Vasilenko – Lead engineer, Joint-stock company «VNIPIpromtekhnologii», Moscow, Russia

Sergey V. Evdokimov – Chief specialist, Joint-stock company «VNIPIpromtekhnologii», Moscow, Russia

For citation: Kasatkin V.V., Kasatkin A.V., Ilyichev V.A., Sedov N.S., Vasilenko E.M., Evdokimov S.V. Post-prospecting radioecological surveys on the Tomtorskoye rare metal deposit (Saha Republic (Yacutia)). Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 4, pp. 18–27. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-18-27