

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.7:355.7

Чистяков С.В.¹, Алехнович А.В.², Тарабара А.В.³¹ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва;²Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, 125993, Москва;³Общество с ограниченной ответственностью (ООО) «ЭкоРК», 123557, Москва

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЫВШИХ ОБЪЕКТОВ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ

Проведено комплексное обследование боевых стартовых позиций жидкостных межконтинентальных баллистических ракет шахтного базирования после вывода их из эксплуатации и частичной ликвидации. В аккредитованных испытательных лабораториях в почве, воде, строительных конструкциях выполнены исследования качественного и количественного содержания несимметричного диметилгидразина и продуктов его деструкции, тяжёлых металлов, радионуклидов. Были исследованы образцы почвы и зарегистрировано превышение предельно-допустимой концентрации (ПДК) содержания несимметричного диметилгидразина (НДМГ) в 1,2–32 раза. Исследование почвы на продукты деструкции НДМГ выявило их наличие по некоторым веществам в большинстве изученных проб, однако их значения не превышали ПДК. Было отмечено превышение по предельно допустимым и ориентировочно допустимым концентрациям содержание ряда тяжёлых металлов, которые носили как антропогенный (цинк, свинец, никель), так и природный (кобальт, хром) характер.

Ключевые слова: окружающая среда; экология; шахтная пусковая установка; несимметричный диметилгидразин; тяжёлые металлы; токсичность.

Для цитирования: Чистяков С.В. Алехнович А.В., Тарабара А.В. Эколого-гигиеническая и токсикологическая оценка окружающей среды в районе выведенных из эксплуатации бывших объектов Министерства обороны. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(9): 833-839. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-833-839>

Для корреспонденции: Чистяков Сергей Владимирович, науч. сотр. лаб. гигиены окружающей среды ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва. E-mail: serga.1964@yandex.ru

Chistyakov S.V.¹, Alekhovich A.V.², Tarabara A.V.³

PRACTICAL APPROBATION OF THE DEVELOPED MEASURES ON ECOLOGICAL-HYGIENIC AND TOXICOLOGICAL ESTIMATION OF THE ENVIRONMENT IN THE DISTRICT OF THE FORMER OBJECTS OF THE MINISTRY OF DEFENSE

¹A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation;²Russian Medical Academy of Continuing Vocational Education, Moscow, 125993, Russian Federation;³Limited Liability Company «EcoRK», Moscow, 123557, Russian Federation

The evaluation of the sanitary-hygienic and ecological state of the environment on the territory of the location of the former silo launchers of intercontinental ballistic missiles after their partial elimination, as practical testing of the main provisions of the developed draft methodological manual on ensuring of environmental and hygienic safety of the sites for placing silo launchers after their decommissioning and Land reclamation. A comprehensive observation of the combat launch positions of liquid intercontinental ballistic silo based missiles after their decommissioning and partial liquidation was carried out. In accredited testing laboratories in soil, water, building structures, there were carried out studies of the qualitative and quantitative content of unsymmetrical dimethylhydrazine (UDMH) and its degradation products, heavy metals, radionuclides. In studied soil samples unsymmetrical dimethylhydrazine was found to be in the soil in 69.4.7% of cases, and in 40.8% of cases in the studied samples, the excess of the MPC content of UDMH was recorded by 1.2 - 32 times. The study of soil on the degradation products of UDMG revealed their presence in some substances in most of studied samples, but their values did not exceed the MPC. The content of a number of heavy metals, both anthropogenic (zinc, lead, nickel) and natural (cobalt, chromium) nature was noted to exceed the maximum permissible and approximately permissible concentrations. It has been established that if the incomplete disposal of the former chemically hazardous facilities of the Ministry of Defense and land reclamation is concerned, the environment may contain toxic and highly toxic substances in concentrations exceeding the established standards. This circumstance determines the potential danger of decommissioned, but not properly disposed former military facilities for the environment, as well as for the local population. The experience gained during the practical activities made it possible to make the necessary additions and changes to the final version of the draft document on ensuring environmental and hygienic safety of the areas where the silo launchers were placed after their decommissioning and land reclamation.

Key words: environment; ecology; in silo launcher; unsymmetrical dimethylhydrazine; radionuclides; heavy metals; toxicity.

For citation: Chistyakov S.V., Alekhovich A.V., Tarabara A.V. Practical approbation of the developed measures on ecological-hygienic and toxicological estimation of the environment in the district of the former objects of the Ministry of Defense. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(9): 833-839. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-833-839>

For correspondence: Sergey V. Chistyakov, MD, researcher of the Laboratory of environmental hygiene of the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation. E-mail: serga.1964@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 20 June 2017

Accepted: 05 July 2017

Введение

Завершение жизненного цикла отечественных боевых ракетных комплексов (БРК) стратегического назначения происходит в сложных социально-экономических условиях. Если вывод из эксплуатации и утилизация межконтинентальных баллистических ракет (МБР) на жидком и твёрдом топливе осуществляется в плановом порядке с участием специализированных предприятий промышленности, то с ликвидацией выведенных из эксплуатации шахтных пусковых установок (ШПУ) различного типа складывается достаточно напряжённая ситуация. Нехватка производственных мощностей, недостаточное финансирование, неполное нормативно-правовое и методическое обеспечения и ряд других «узких мест» постоянно лихорадят процесс ликвидации боевых стартовых позиций (БСП) и нарушают его планомерность. Поэтому, несмотря на более чем 40-летнюю историю процесса ликвидации отечественных БРК, этот вопрос остаётся на повестке дня работы органов государственного управления Российской Федерации, таких как Министерство обороны, Роскосмос, Федеральное медико-биологическое агентство и др.

В период с 1972 г. по настоящее время выведено из боевого состава и уничтожено более 1200 ШПУ во многих регионах России. До конца 90-х годов прошлого столетия эта работа по причине недостаточного финансирования включала только подрыв ШПУ без рекультивации территорий БСП. В течение последующих лет территории фактически брошенных БСП пришли в запустение, а оставшиеся инфраструктурные объекты подверглись естественному и целенаправленному разрушению и расхищению. Территории БСП со временем превратились в свалки бытовых, промышленных и строительных отходов, стали представлять реальную опасность для населения, животных и в целом для окружающей среды [2].

Важно отметить, что в тот же период вывод из эксплуатации и ликвидация очередных БСП, которые продолжают осуществляться по планам переоснащения ракетных войск стратегического назначения и в соответствии с международными обязательствами Российской Федерации, проводились и проводятся до сих пор в плановом порядке по проектной документации в полном объёме, завершаясь рекультивацией территорий и подготовкой их к передаче местным властям.

Следует заметить, что процесс ликвидации БСП относится к потенциально опасным видам деятельности. В подавляющем большинстве бывшие БСП предназначались для эксплуатации жидкостных МБР на токсичных компонентах ракетных топлив. Наиболее вероятными поллютантами

окружающей среды могут быть отдельные компоненты ракетного горючего, а именно НДМГ, относящийся к первому классу опасности, и продукты его деструкции, а также нефтепродукты, тяжёлые металлы. Возможными негативными экологическими последствиями ликвидации БСП являются накопление, миграция и переход в новые химические формы загрязнений, влияние вредных факторов среды обитания на здоровье человека.

Поэтому экологическая безопасность осуществления подобных видов деятельности становится одним из основных условий своевременного и полномасштабного проведения работ и создания атмосферы сотрудничества с местными властями, поддержания социального спокойствия.

Во избежание негативных последствий влияния компонентов ракетных топлив на здоровье населения и окружающую среду при всех работах по ликвидации БСП осуществляется эколого-гигиеническое сопровождение.

Как новый вид специального обеспечения эколого-гигиеническое сопровождение можно представить как комплекс мероприятий, направленных на оценку и документальное подтверждение соответствия потенциально опасных видов деятельности или продукции (веществ, материалов, оборудования и т. д.), а также процессов их производства, эксплуатации, хранения, реализации, перевозки и утилизации согласно требованиям в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей среды и экологической безопасности, установленным законодательными актами, техническими регламентами, положениями стандартов или условиями международных договоров.

Эколого-гигиеническое сопровождение ликвидации БСП можно рассматривать как вариант локального (объектового) экологического мониторинга.

На сегодняшний день фактически единственным объективным инструментом для оценки экологических последствий антропогенной деятельности остаются аналитические методы. К сожалению, этого совершенно недостаточно для достоверной оценки и прогноза изменений в окружающей среде в ходе ликвидации БСП. Не позволяют это сделать и имеющиеся гигиенические нормативы, разработанные для санитарной оценки среды обитания человека, которые чаще всего используются вместо экологических критериев. Поэтому по заказу ФМБА России сотрудниками ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна был впервые разработан практический документ, в котором были структурированы мероприятия по обеспечению эколого-гигиенической безопасности территорий размещения ШПУ после вывода их из эксплуатации и рекультивации земель. Первоначально документ рассматривался как руководство. Впоследствии, в том числе после практической апробации, документ приобрёл статус методического пособия.

Проведённая практическая апробация основных положений документа имела цель обоснования номенклатуры, объёма и оптимизации порядка и процедур эколого-гигиенического (эколого-гигиенического) контроля и локального (объектового) мониторинга на этапах завершения жизненного цикла БРК.

Впоследствии, в том числе после практической апробации, документ приобрёл статус методического пособия.

Материал и методы

Указанная работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Промышленная утилизация вооружения и военной техники на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г.». Объектом комплексного санитарно-химического, экологического и токсикологического обследования послужили выведенные из эксплуатации и

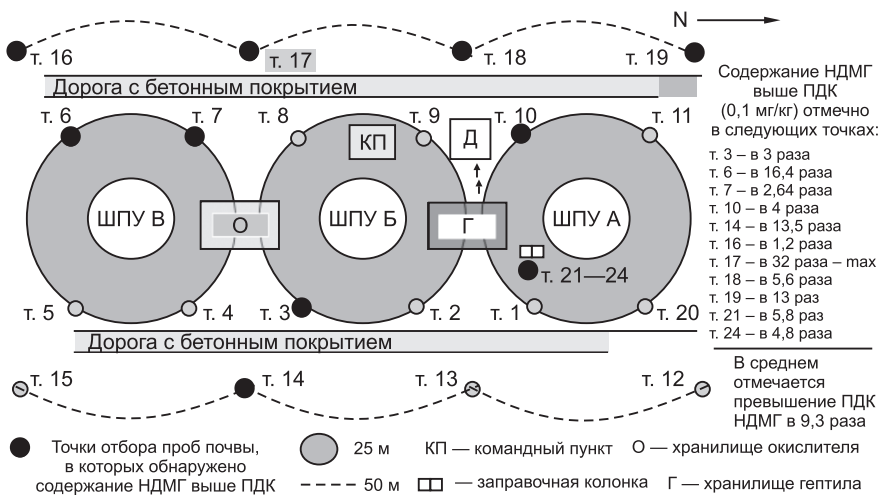


Рис. 1. Схематическое изображение исследуемых объектов на примере площадки № 11. Точками показаны места отбора проб почвы.

Результаты исследования 49 проб почвы на содержание НДМГ и продуктов его деструкции (НДМА, ТМТ, ДМА и ФА)

№ точки/ № площадки	Определяемые вещества, мг/кг				
	НДМГ	НДМА	ТМТ	ДМА	ФА
1/11	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,344 ± 0,1032	0,35 ± 0,042
2/11	0,028 ± 0,014	< 0,02	< 0,1	0,220 ± 0,066	< 0,4
3/11	0,300 ± 0,132*	< 0,02	> 0,1	0,14 ± 0,042	< 0,4
4/11	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,100 ± 0,03	4,50 ± 0,54
5/11	0,044 ± 0,022	< 0,02	< 0,1	0,084 ± 0,0252	0,46 ± 0,0552
6/11	1,640 ± 0,656*	< 0,02	< 0,1	0,148 ± 0,0444	1,08 ± 0,1296
7/11	0,264 ± 0,132*	< 0,02	< 0,1	0,140 ± 0,042	< 0,4
8/11	0,072 ± 0,036	< 0,02	< 0,1	0,388 ± 0,1104	1,44 ± 0,1728
9/11	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,280 ± 0,084	1,60 ± 0,192
10/11	0,400 ± 0,176*	< 0,02	< 0,1	0,548 ± 0,1644	0,72 ± 0,0864
11/11	0,036 ± 0,018	< 0,02	< 0,1	0,304 ± 0,0912	< 0,4
12/11	0,064 ± 0,032	< 0,02	< 0,1	0,224 ± 0,0872	0,62 ± 0,0744
13/11	0,020 ± 0,010	< 0,02	< 0,1	0,244 ± 0,0732	0,70 ± 0,084
14/11	1,350 ± 0,54*	< 0,02	< 0,1	0,280 ± 0,084	< 0,4
15/11	0,040 ± 0,02	< 0,02	< 0,1	0,128 ± 0,0384	0,40 ± 0,048
16/11	0,200 ± 0,10*	< 0,02	< 0,1	0,224 ± 0,0872	0,70 ± 0,084
17/11	3,200 ± 1,28*	< 0,02	< 0,1	0,088 ± 0,0264	0,8 ± 0,096
18/11	0,500 ± 0,22*	< 0,02	< 0,1	0,360 ± 0,108	0,72 ± 0,0864
19/11	1,300 ± 0,52*	< 0,02	< 0,1	0,860 ± 0,258	0,85 ± 0,102
20/11	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,680 ± 0,204	1,40 ± 0,168
21/11	0,580 ± 0,2552*	< 0,02	< 0,1	0,900 ± 0,27	1,10 ± 0,132
22/11	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,176 ± 0,0528	1,00 ± 0,12
23/11	0,044 ± 0,1936	< 0,02	< 0,1	0,304 ± 0,0912	1,00 ± 0,12
24/11	0,480 ± 0,2112*	> 0,02	> 0,1	0,144 ± 0,0432	< 0,4
1/23	0,579 ± 0,2548*	< 0,02	< 0,1	0,901 ± 0,2703	1,10 ± 0,132
2/23	1,641 ± 0,6564*	< 0,02	< 0,1	0,148 ± 0,0444	1,8 ± 0,216
3/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,141 ± 0,0423	0,73 ± 0,0876
4/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,100 ± 0,03	0,48 ± 0,0576
5/23	0,044 ± 0,022	< 0,02	< 0,1	0,084 ± 0,0252	4,50 ± 0,54
6/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,149 ± 0,0447	1,08 ± 0,1296
7/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,140 ± 0,042	< 0,4
8/23	0,072 ± 0,0375	< 0,02	< 0,1	0,384 ± 0,1152	1,44 ± 0,1728
9/23	0,036 ± 0,018	< 0,02	< 0,1	0,280 ± 0,084	1,60 ± 0,192
10/23	0,264 ± 0,1162*	< 0,02	< 0,1	0,140 ± 0,042	0,71 ± 0,0852
11/23	0,121 ± 0,0605	< 0,02	< 0,1	0,303 ± 0,0909	< 0,4
12/23	0,064 ± 0,032	< 0,02	< 0,1	0,224 ± 0,0672	0,61 ± 0,0732
13/23	0,480 ± 0,2112*	< 0,02	< 0,1	0,144 ± 0,0432	< 0,4
14/23	0,301 ± 0,1324	< 0,02	< 0,1	0,283 ± 0,0849	< 0,4
15/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,129 ± 0,0387	< 0,4
16/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,223 ± 0,0669	0,71 ± 0,0852
17/23	< 0,02	< 0,02	> 0,1	0,362 ± 0,1086	0,80 ± 0,096
18/23	0,041 ± 0,0205	< 0,02	< 0,1	0,089 ± 0,0267	< 0,4
19/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,860 ± 0,258	0,85 ± 0,102
20/23	0,560 ± 0,2464*	< 0,02	< 0,1	0,362 ± 0,1036	1,10 ± 0,132
21/23	1,350 ± 0,54*	< 0,02	< 0,1	0,283 ± 0,0849	1,40 ± 0,168
22/23	0,480 ± 0,2112*	< 0,02	< 0,1	0,304 ± 0,0912	1,00 ± 0,12
23/23	0,440 ± 0,1936*	< 0,02	< 0,1	0,178 ± 0,0534	1,01 ± 0,1212
24/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,142 ± 0,0426	0,42 ± 0,0504
25/23	< 0,02	< 0,02	< 0,1	0,084 ± 0,0252	1,8 ± 0,216
ПДК	0,100				7,00

Примечание. 0,00* – выше уровня ПДК; < 0,00 – ниже предела чувствительности методики измерения; ± 0,00 – допустимая погрешность измерения.

частично ликвидированные 40 лет назад (в 1977 году), заброшенные, неохраняемые, со свободным доступом ШПУ Министерства обороны, расположенные в районе пос. Оловянная в южной части Забайкальского края. Были исследованы две площадки, которые представляли собой территорию с тремя ШПУ (ШПУ А, Б и В), между которыми находились подземные хранилища горючего (хранилище «Г») и окислителя, а также сооружения наземной инфраструктуры – командным пунктом, вентиляционными шахтами, внутриплощадочными дорогами и пр. Схематическое изображение площадок представлено на рис. 1. Площадки имели условные №№ 11 и 23. Расстояние между площадками по прямой линии составляло примерно 10 км. Работа проходила в 2 этапа. 1-й состоялся осенью 2014 г., тогда была обследована площадка № 11. 2-й этап прошел летом следующего года, исследования проводились на площадке № 23, при этом были учтены некоторые аспекты организационного характера, проявившиеся во время первой экспедиции.

В соответствии с предварительно разработанным планом на объектах проводился отбор проб почвы, поверхностных и сточных вод, смывов с поверхностей строительных конструкций и технологического оборудования, их доставка и исследование на содержание НДМГ и продуктов его деструкции – нитрозодиметиламин (НДМА), диметиламин (ДМА), тетраметилтетразен (ТМТ) и формальдегид (ФА). Параллельно проводился количественный анализ на содержание в образцах тяжелых металлов: свинца, ртути, никеля, кадмия, кобальта, цинка, меди, хрома. Также определяли концентрацию 3,4-бенз(а) пирена, мышьяка и нефтепродуктов. Почва в районе расположения объектов дополнительно исследовалась по агрохимическим показателям: рН, содержанию гумуса, азота общего, азота аммонийного, азота нитратного, хлоридов, сульфатов, подвижных форм калия и фосфора. В рамках мероприятий радиологического мониторинга проводились исследования почвы по показателям радиационного загрязнения на радионуклиды: цезий-137, торий-232, радий-226 и калий-40.

Всего отобрано 193 образца и проведено их комплексное исследование, в том числе 147 образцов почвы, 30 – воды и 16 – смывы с поверхностей строительных конструкций.

Исследования всех проб, включая их отбор и доставку, проведены аттестованными методами [7, 8, 9] в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2005 в испытательных лабораторных центрах, имеющих актуальные аттестаты аккредитации Национального органа по аккредитации (Росаккредитация) в соответствующей поставленным задачам области.

Результаты и обсуждение

Работы проводились специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России совместно с представителями ООО «ЭкоРК» (Лицензия № Р/2014/2501/100/Л от 31 марта 2014 г., выдана Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии РФ), сотрудники которого принимают активное участие в разработке документов по организации эколого-гигиенического контроля объектов окружающей среды на всех этапах ликвидации БСП и рекультивации территорий.

Таблица 2

Исследование почвы на удельную активность радионуклидов цезий -137, торий-232, радий-226, калий-40 (диапазоны значений)

Место отбора проб	Количество проб	Удельная активность, Бк/кг				A _{эфф} , Бк/кг
		137Cs	226Ra	232Th	40K	
Площадка № 11	24	0–19,4	14,06–91,8	22,54–90,7	313–1239	76,4–321,2
Площадка № 23	24	0–24,4	0,3–44,5	6,3–43,7	296–876	69,7–152,4
Контрольная (фоновая) проба за пределами площадки № 23	1	5,105 ± 2,9	15,68 ± 5,7	42,49 ± 8,7	515 ± 121	117,3 ± 16,7

В результате комплексных исследований установлено, что выведенные из эксплуатации в 1977 г. заброшенные объекты Минобороны полностью не ликвидированы, рекультивация земель в районе их расположения не проведена, а сама территория органам муниципального управления в установленном порядке не передана. Удалённость от ближайших населенных пунктов составляет 5–8 км, то есть в зоне пешей доступности, что даёт возможность посещения объектов местным населением с целью сбора металлолома, ягод и грибов, выпаса сельскохозяйственных животных. Данное обстоятельство представляет потенциальную опасность для здоровья населения. На рис. 2–4 (см. на 2-й стр. обложки) представлено современное состояние изучаемых объектов.

ШПУ представляет собой железобетонный стакан, облицованный изнутри металлом, диаметром до 8 м и глубиной до 45 м, заглублённый вертикально в грунт. ШПУ ликвидированы методом подрыва в 1977 г., после чего образовалась воронка (рис. 2) с остатками металлических и железобетонных конструкций оголовков. Территория ствола ШПУ не огорожена, что из-за лёгкой доступности не исключает падения в него по неосторожности взрослых, детей или сельскохозяйственных животных.

Хранилища горючего и окислителя представляют собой подземные железобетонные помещения, в которых располагались резервуары для хранения высокотоксичных веществ. До 1977 г. для ракет, находившихся в то время на боевом дежурстве, в качестве горючего использовался НДМГ, более известный как «гептил», а в качестве окислителя использовалось вещество под условным наименованием АК-27И («меланж»), представляющее собой 27%-ный раствор (по массе) азотного тетраксид в азотной кислоте. На момент обследования площадок подземные хранилища были вскрыты, всё оборудование и ёмкости демонтированы, сооружения частично разрушены (рис. 3, см. на 2-й стр. обложки).

Проведение лабораторных испытаний принесло следующие результаты. Как следует из данных табл. 1, наличие НДМГ в почве было в 69,4% случаев (34 пробы из 49), при этом в 40,8% случаев (20 проб) в исследуемых образцах зарегистрировано превышение ПДК содержания НДМГ в почве.

Превышение ПДК НДМГ для почвы составило в отдельных образцах от 1,2 до 32 раз. В среднем ПДК НДМГ для почвы в указанных пробах оказалось превышенным в 8,14 раза. В дальнейшем при сопоставлении точек, в которых наблюдалось превышение ПДК по НДМГ со схемой отбора проб почвы, установлено, что эти места находятся в основном вдоль дороги (см. рис. 1). Вероятно, что именно там складировались ёмкости из-под горючего после их незаконного демонтажа местным населением для последующей сдачи в металлолом в 1990-е годы. В ожидании дальнейшей транспортировки из этих ёмкостей происходило стекание остатков горючего, что и обуславливало его высокий показатель.

В отношении продуктов деструкции НДМГ было зафиксировано следующее: ни в одной из исследованных проб почвы не было обнаружено присутствие НДМА и ТМТ. Формальдегид присутствовал во всех пробах, но его содержание нигде не превысило установленных значений ПДК. ДМА

обнаружен во всех пробах, но его присутствие в почве определяется и в естественных условиях, поэтому о нём нельзя судить как об индикаторе химического загрязнения.

Испытание образцов почвы на содержание 3,4-бенз(а)пирена показало их соответствие требованиям СанПиН 2.1.7.1287–03. «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов» [11].

Содержание нефтепродуктов в почве не нормируется. Для оценки загрязнённости почвы принята классификация, в соответствии с которой уровень загрязнения почвы нефтепродуктами характеризуется как допустимый (< 1000 мг/кг) и низкий (1000–2000 мг/кг) соответственно.

Результаты радиологических исследований почвы показали следующие результаты (табл. 2):

Из полученных данных следует, что удельная эффективная активность (A_{эфф}) природных радионуклидов (торий-232, радий-226, калий-40) в исследованных образцах составила < 370 Бк/кг. В соответствии с п. 5.3.4. СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)» [13] исследованные пробы относятся к первому классу. По значению радиационных факторов использование грунтов, перемещаемых в ходе работ по рекультивации территорий, в хозяйственной деятельности может осуществляться без ограничений.

Удельная активность техногенного радионуклида цезия-137 соответствует средним региональным значениям в Забайкальском крае и находится на фоновом уровне (3–25 Бк/кг).

При определении в пробах почвы содержания тяжёлых металлов установлено превышение ПДК или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК):

- по цинку (Zn) и свинцу (Pb) – в 3 пробах из 49 (по 6,12% образцов);
- кадмию (Cd) – в 1 пробе (2,9%);
- кобальту (Co) – в 26 пробах (53,1%);
- хрому (Cr) в 36 пробах (73,5%) (табл. 3).

Определение концентраций мышьяка (As), меди (Cu) и ртути (Hg) не выявило превышений нормируемых показателей. Никель (Ni) определяли в 40 пробах почвы, превышение ОДК получено в одном образце (2,5%).

Точечные превышения ПДК и ОДК могут свидетельствовать о техногенном загрязнении, однако превышения по одному показателю более чем в 50% проб могут иметь другое обоснование. Количество тяжёлых металлов зависит прежде всего от минералогического состава коренных горных и почвообразующих пород. Локальной же закономерностью Забайкалья является повышенное содержание тяжёлых металлов в почвообразующих породах южной части края, где и находится обследованный объект. Так, для этой территории характерно повышенное содержание цинка, свинца, никеля, кобальта, хрома и других тяжёлых металлов [14, 15].

При исследованиях агрохимических показателей почвы не было выявлено неблагоприятного специфического антропогенного химического влияния.

Исследования природной и сточных вод на КРТ показали отсутствие во всех пробах НДМГ и продуктов его деструкции – НДМА и ТМТ. Формальдегид и диметиламин присутствовали в большинстве проб, но объяснить их наличие как продуктов трансформации НДМГ не представляется возможным, поскольку эти вещества могут присутствовать и в естественных условиях, что подтвердилось их наличием в фоновой пробе, взятой за пределами обследованных территорий.

Исследование проб воды на наличие тяжёлых металлов показали следующие результаты (табл. 4).

Содержание отдельных тяжёлых металлов в 49 пробах почвы исследуемых территорий

№ точки/№ площадки	Показатель, мг/кг						
	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Cr	As
	ПДК (ОДК) почва –						
	#110,0	#65,0	#1,00	#40,0	5,00	6,0	#5,0
1/11	90,2 ± 21,6	63,4 ± 20,2	0,52 ± 0,20	29,4 ± 7,9	9,91 ± 2,97*	147,0 ± 59*	5,0 ± 2,5
2/11	80,1 ± 19,2	67,2 ± 21,51	0,38 ± 0,15	11,7 ± 3,2	12,6 ± 3,8*	23,2 ± 9,3*	3,6 ± 1,8
3/11	111,0 ± 27,01	58,1 ± 18,6	0,62 ± 0,24	26,0 ± 7,0	9,76 ± 2,92*	117,0 ± 47*	4,2 ± 2,1
4/11	82,4 ± 19,7	39,4 ± 12,6	0,42 ± 0,16	17,1 ± 4,61	8,43 ± 2,53*	70,4 ± 28,2*	4,0 ± 2,0
5/11	123,0 ± 30,0	208,0 ± 67*	2,45 ± 0,98*	24,6 ± 6,7	2,59 ± 0,77	126,0* ± 50	6,6 ± 3,31
6/11	58,5 ± 14,0	10,6 ± 3,4	0,22 ± 0,08	26,0 ± 7,0	7,25 ± 2,17*	140,0 ± 56*	5,8 ± 2,91
7/11	40,6 ± 9,7	10,6 ± 3,4	0,18 ± 0,07	22,3 ± 6,1	7,55 ± 2,26*	104,0 ± 42*	4,4 ± 2,2
8/11	36,3 ± 8,7	9,12 ± 2,91	0,15 ± 0,06	20,4 ± 5,5	6,70 ± 2,01	168,0 ± 67*	6,2 ± 3,11
9/11	71,9 ± 17,2	27,7 ± 8,9	0,25 ± 0,10	34,5 ± 9,3	12,20 ± 3,7*	30,7 ± 12,3*	4,4 ± 2,2
10/11	68,6 ± 16,4	37,0 ± 11,8	0,22 ± 0,08	26,6 ± 7,2	13,30 ± 4,0*	121,0 ± 48*	7,0 ± 3,51
11/11	33,8 ± 8,1	7,83 ± 2,50	0,19 ± 0,07	20,9 ± 5,6	15,40 ± 4,6*	90,3 ± 36,1*	3,6 ± 1,8
12/11	44,7 ± 10,7	15,8 ± 5,1	0,19 ± 0,07	25,4 ± 6,9	23,20 ± 7,0*	10,6 ± 4,2*	6,0 ± 3,01
13/11	47,3 ± 11,3	17,4 ± 5,6	0,15 ± 0,06	20,6 ± 5,6	9,25 ± 2,77*	8,15 ± 3,261	7,2 ± 3,61
14/11	54,2 ± 13,0	264,0 ± 85*	0,14 ± 0,05	15,9 ± 4,3	2,66 ± 1,06	13,7 ± 5,5*	3,4 ± 1,7
15/11	43,3 ± 10,4	41,7 ± 13,3	0,10 ± 0,04	21,7 ± 5,9	1,70 ± 0,51	86,2 ± 34,5*	3,2 ± 1,6
16/11	47,0 ± 11,3	12,2 ± 3,9	0,20 ± 0,08	25,6 ± 6,9	10,0 ± 2,4	152 ± 6,1*	3,2 ± 1,6
17/11	150,0 ± 36*	153,0 ± 39*	0,45 ± 0,18	23,8 ± 6,4	8,0 ± 2,4*	150 ± 60*	5,2 ± 2,61
18/11	45,6 ± 10,9	16,4 ± 5,3	0,18 ± 0,07	20,1 ± 5,5	25,4 ± 7,7*	58,5 ± 23,4*	3,8 ± 1,9
19/11	40,0 ± 9,6	14,4 ± 4,6	0,14 ± 0,03	24,0 ± 6,5	10,4 ± 3,2*	93,3 ± 37,3*	6,2 ± 3,11
20/11	76,7 ± 18,4	30,6 ± 9,8	0,37 ± 0,14	21,5 ± 5,8	4,81 ± 1,49	23,3 ± 9,32*	5,4 ± 2,71
21/11	60,5 ± 14,3	43,0 ± 4,2	0,24 ± 0,09	60,5 ± 14,5*	13,0 ± 3,9*	37,7 ± 15,1*	5,6 ± 2,81
22/11	61,4 ± 14,1	15,7 ± 5,0	0,20 ± 0,08	33,0 ± 8,9	9,32 ± 2,8*	41,8 ± 16,7*	4,8 ± 2,4
23/11	58,0 ± 13,9	16,1 ± 5,2	0,13 ± 0,05	26,1 ± 7,0	1,55 ± 0,46	89,2 ± 35,6*	5,2 ± 2,61
24/11	50,7 ± 12,1	14,5 ± 4,6	0,12 ± 0,04	33,7 ± 10,0	9,91 ± 2,97*	38,2 ± 15,3*	6,4 ± 3,21
1/23	64,4 ± 15,4	16,9 ± 5,7	0,56 ± 0,22	38,1 ± 10,3	1,76 ± 0,70	18,3 ± 7,3*	3,40 ± 1,71
2/23	57,8 ± 13,8	29,5 ± 9,5	0,45 ± 0,18	16,2 ± 4,4	1,84 ± 0,74	7,30 ± 2,921	3,80 ± 1,91
3/23	53,1 ± 12,7	23,3 ± 7,6	0,22 ± 0,08	7,54 ± 2,03	1,52 ± 0,61	22,5 ± 9,0*	3,20 ± 1,61
4/23	172 ± 42*	57,6 ± 18,4	0,35 ± 0,14	32,9 ± 8,9	5,04 ± 2,021	15,2 ± 6,08*	4,40 ± 2,22
5/23	43,1 ± 10,3	16,6 ± 5,31	0,16 ± 0,06	26,3 ± 7,1	13,5 ± 5,4*	5,27 ± 2,10	3,20 ± 1,61
6/23	49,7 ± 11,9	15,6 ± 5,0	0,11 ± 0,04	49,7 ± 11,91	5,20 ± 2,081	65,0 ± 26,0*	3,20 ± 1,61
7/23	72,6 ± 17,4	37,3 ± 11,9	0,27 ± 0,10	33,2 ± 9,0	10,3 ± 4,1*	69,5 ± 27,8*	5,20 ± 2,621
8/23	53,1 ± 12,7	17,3 ± 5,53	0,08 ± 0,03	26,6 ± 7,18	2,40 ± 0,96	1,96 ± 0,78	4,0 ± 2,0
9/23	48,8 ± 11,7	16,5 ± 5,3	0,07 ± 0,03	17,2 ± 4,6	8,64 ± 3,46*	10,8 ± 4,4*	6,20 ± 3,121
10/23	77,2 ± 18,5	25,1 ± 8,0	0,17 ± 0,06	24,6 ± 6,7	3,92 ± 1,6	8,20 ± 3,281	4,0 ± 2,0
11/23	47,6 ± 11,4	16,2 ± 5,2	0,33 ± 0,13	11,6 ± 3,2	6,08 ± 2,441	9,16 ± 3,661	3,40 ± 1,71
12/23	56,8 ± 13,6	15,9 ± 5,1	0,18 ± 0,07	–	22,0 ± 8,8*	26,8 ± 10,7*	4,40 ± 2,22
13/23	52,8 ± 12,6	18,5 ± 5,9	0,18 ± 0,07	–	3,68 ± 1,47	27,6 ± 11,0*	3,60 ± 1,81
14/23	53,5 ± 12,8	18,0 ± 5,8	0,17 ± 0,06	–	10,2 ± 4,1*	12,6 ± 5,1*	6,20 ± 3,121
15/23	50,2 ± 12,0	13,3 ± 4,3	0,11 ± 0,04	–	2,0 ± 0,8	6,68 ± 2,671	3,80 ± 1,92
16/23	49,7 ± 11,9	21,0 ± 6,72	0,10 ± 0,04	–	6,16 ± 2,461	1,55 ± 0,61	3,20 ± 1,61
17/23	82,0 ± 19,6	74,7 ± 23,91	0,22 ± 0,08	–	8,16 ± 3,271	6,20 ± 2,481	3,60 ± 1,81
18/23	154 ± 37*	63,1 ± 20,2	0,38 ± 0,15	–	7,84 ± 3,141	15,1 ± 6,1*	3,20 ± 1,61
19/23	60,4 ± 14,5	15,3 ± 4,9	0,12 ± 0,04	–	27,2 ± 10,9*	23,9 ± 9,6*	3,0 ± 1,5
20/23	54,0 ± 12,9	14,3 ± 4,6	0,16 ± 0,06	19,8 ± 3,4	12,8 ± 5,2*	7,39 ± 2,951	3,60 ± 1,51
21/23	46,2 ± 11,0	14,1 ± 4,5	0,21 ± 0,08	22,5 ± 6,1	7,04 ± 2,821	0,76 ± 0,30	4,0 ± 2,0
22/23	54,0 ± 12,9	14,0 ± 4,5	0,14 ± 0,05	22,2 ± 6,0	6,72 ± 2,691	5,64 ± 2,25	5,60 ± 2,821
23/23	85,3 ± 20,4	14,3 ± 4,6	0,11 ± 0,04	24,9 ± 6,8	6,0 ± 2,41	12,8 ± 5,2*	6,40 ± 3,231
24/23	63,0 ± 15,1	13,9 ± 4,5	0,10 ± 0,04	63,0 ± 15,1*	15,0 ± 6,0*	11,2 ± 4,48*	6,0 ± 3,01
25/23	46,9 ± 11,2	17,5 ± 5,6	0,04 ± 0,01	–	12,8 ± 5,2*	4,81 ± 1,92	3,80 ± 1,92

Примечание. # – ОДК (ориентировочные допустимые концентрации) химических веществ в почве (валовое содержание); 0,00* – превышают ПДК или ОДК; ± 0,00 – допустимая погрешность измерения; 0,001 – не превышают с учётом погрешности.

Содержание отдельных тяжёлых металлов и нефтепродуктов в 15 пробах воды, доставленной с исследуемых территорий

№ точки/№ площадки	Показатель, мг/дм ³						
	Cd	Co	Ni	Pb	Cr	Zn	НП**
	ПДКввода –						
	0,001	0,1	0,02	0,01	0,05	1,0	0,3
1/11	0,00023 ± 0,00011	< 0,02	< 0,005	< 0,01	0,007 ± 0,002	0,015 ± 0,004	0,19 ± 0,07
2/11	0,00012 ± 0,00006	< 0,02	< 0,005	< 0,01	0,0064 ± 0,0016	0,03 ± 0,01	0,28 ± 0,11
3/11	< 0,0001	< 0,02	< 0,005	0,011 ± 0,0021	0,008 ± 0,002	0,015 ± 0,004	0,49 ± 0,19*
4/11	< 0,0001	< 0,02	< 0,005	< 0,01	0,006 ± 0,002	0,012 ± 0,003	0,50 ± 0,16*
5/11	< 0,0001	< 0,02	< 0,005	< 0,01	0,005 ± 0,001	0,012 ± 0,003	0,52 ± 0,13*
6/11	< 0,0005	< 0,02	< 0,005	< 0,01	0,005 ± 0,001	< 0,002	0,55 ± 0,14*
7/11	0,0007 ± 0,0002	< 0,02	< 0,005	< 0,01	0,009 ± 0,002	< 0,002	0,42 ± 0,171
8/11	< 0,0001	< 0,02	< 0,005	< 0,01	0,006 ± 0,002	< 0,002	1,07 ± 0,27*
9/11	0,0001 ± 0,00005	< 0,02	< 0,005	0,014 ± 0,003*	0,007 ± 0,002	< 0,002	0,51 ± 0,13*
1/23	0,0020 ± 0,0007*	0,026 ± 0,008	0,115 ± 0,029*	< 0,01	0,036 ± 0,010	< 0,004	0,40 ± 0,16*
2/23	< 0,0001	< 0,015	0,094 ± 0,024*	0,018 ± 0,004*	< 0,02	0,005 ± 0,002	5,67 ± 1,421
3/23	0,0002 ± 0,0001	0,077 ± 0,023	0,119 ± 0,030*	< 0,01	0,023 ± 0,007	< 0,004	0,49 ± 0,19*
4/23	0,0016 ± 0,0005*	0,046 ± 0,001	0,016 ± 0,005	< 0,01	< 0,02	< 0,004	0,35 ± 0,141
5/23	0,0020 ± 0,0007*	< 0,02	0,064 ± 0,019*	< 0,01	< 0,02	< 0,004	0,017 ± 0,007
6/23	< 0,0001	0,072 ± 0,022*	0,037 ± 0,011*	< 0,01	< 0,02	< 0,004	0,025 ± 0,011

Примечание. ** – нефтепродукты (суммарно). Здесь и в табл. 5: 0,00* – выше уровня ПДК; ± 0,00 – допустимая погрешность измерения; 0,001 – не превышают с учётом погрешности; < 0,00 – ниже предела чувствительности методики измерения.

Превышение пределов ПДК наблюдается:

- по кадмию (Cd) в 3 пробах из 15 (20%),
- по никелю (Ni) в 33,3% (5 проб, включая фоновые контрольные),
- по свинцу (Pb) в 13,3% (2 пробы).

Содержание в воде кобальта (Co), хрома (Cr), цинка (Zn), меди (Cu) и ртути (Hg) было в пределах нормируемых показателей.

Что касается суммарного содержания нефтепродуктов в воде, то они наблюдались в 100% исследуемых проб, включая фоновые контрольные. В 53,3% случаев (8 проб) результаты превышали показатели ПДК (кроме контрольных), что свидетельствует об экологическом неблагополучии по факту загрязнения нефтепродуктами исследуемых территорий.

При обследовании БРК группового старта шахтного базирувания в помещениях подземных хранилищ горючего

дополнительно предусмотрен отбор смывов с поверхностей строительных конструкций и технологического оборудования для исследования их на содержание НДМГ (рис. 5, см. на 2-й стр. обложки).

При исследовании смывов с поверхностей строительных конструкций и технологического оборудования, взятых с площадки № 11 не было обнаружено следов ракетного топлива, что же касается площадки № 23, то в 50% проб (4 образцах из 8) выявлено превышение концентрации НДМГ в 1,5–5,0 раза (табл. 5).

Превышение ПДК НДМГ зарегистрировано в смывах со стен бывшего хранилища ракетного топлива, что свидетельствует о возможном загрязнении помещения во время демонтажа цистерн из-под горючего в 1990-е годы. Наличие повышенного содержания гептила зарегистрировано также в смывах со стен ШПУ. Следовательно, можно утверждать, что отдельные элементы и территории бывших БРК могут представлять опасность для здоровья населения при условии незавершенной утилизации и рекультивации земель.

Заключение

По результатам проведённых исследований можно говорить прежде всего о потенциальной химической опасности для окружающей среды и здоровья населения выведенных из эксплуатации бывших химически опасных военных объектов. Даже спустя 40 лет с момента ликвидации в отдельных пробах регистрируется значительное превышение ПДК токсичных и высокотоксичных веществ. Данное обстоятельство требует особого внимания к решению организационных, санитарно-гигиенических и токсикологических вопросов медико-санитарного обеспечения персонала и отдельных категорий населения при выводе из эксплуатации и последующей утилизации опасных производственных объектов.

Целесообразно предусмотреть проведение мониторинга содержания в объектах окружающей среды (почва, вода, воздух) приоритетных для конкретного объекта ток-

Таблица 5

Результаты исследования смывов с поверхностей строительных конструкций площадки № 23 на наличие НДМГ

№ точки	Место взятия смыва	НДМГ мг/дм ²
1	Хранилище «Г», вход	< 0,001
2	Хранилище «Г», гептильная камера под навесом (левая стена)	0,008 ± 0,00176*
3	Хранилище «Г», гептильная камера, правый угол	0,02 ± 0,0044*
4	Стена ШПУ А	0,006 ± 0,00132*
5	Аккумуляторное хранилище «Г»	0,008 ± 0,00176*
6	Стена ШПУ Б	< 0,001
7	Стена ШПУ В	< 0,001
8	Заправочная колонка у хранилища «Г»	< 0,001
ПДК		0,004

сичных и высокотоксичных веществ с целью контроля и профилактики их возможного специфического острого и хронического воздействия на здоровье человека, а также оценки эффективности и безопасности всех этапов технологии утилизации. Этим задачам вполне отвечает разработанное методическое пособие по обеспечению эколого-гигиенической безопасности территорий размещения ШПУ после вывода их из эксплуатации и рекультивации земель, которое предполагает проведение на территории площадок ШПУ непрерывного эколого-гигиенического контроля на всех этапах работ по выводу из эксплуатации и ликвидации БРК.

Практическая апробация основных положений документа позволила приобрести необходимый опыт по организации эколого-гигиенического мониторинга обследуемых объектов. По результатам апробации были разработаны предложения по внесению изменений и дополнений по проведению исследовательских работ, которые вошли в окончательную редакцию методического пособия.

Выводы

Установлено, что при условии незавершённой утилизации бывших химически опасных объектов Министерства обороны и рекультивации земель, окружающая среда может содержать токсичные и высокотоксичные вещества в концентрациях, превышающих установленные нормативы.

Данное обстоятельство определяет потенциальную опасность для местного населения и окружающей среды выведенных из эксплуатации, но не утилизированных должным образом бывших военных объектов.

Полученный в ходе проведения практических мероприятий опыт позволил внести необходимые дополнения и изменения в окончательный вариант разработанного проекта документа по обеспечению эколого-гигиенической безопасности территорий размещения шахтных пусковых установок после вывода их из эксплуатации и рекультивации земель.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

- ГОСТ 12.1.007–76. «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1 и № 2)».
- Результаты эколого-гигиенического контроля на территории площадки № 11 бывшего объекта 750 и предложения по внесению изменений в проект Руководства с приложением актов отбора проб и протоколов анализов: заключительный отчет. М.: ООО «ЭкоРК», 2014. 168 с.
- Результаты эколого-гигиенического контроля на территории площадки № 23 бывшего объекта 750 и предложения по внесению изменений в проект Руководства с приложением актов отбора проб и протоколов анализов: заключительный отчет. М.: ООО «ЭкоРК», 2015. 143 с.
- Практическая апробация методологических подходов, заложенных в проекте Руководства «Обеспечение эколого-гигиенической безопасности территорий размещения шахтных пусковых установок после вывода их из эксплуатации и рекультивации земель» (шифр: «Площадка»); отчет о выполнении ПИМГМ (заключительный). М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2015. 106 с.
- Федеральная целевая программа «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2014 годы)». Утверждена Постановлением правительства РФ 27.10.2008 г. № 791.
- Филатов, Б.Н. Ликвидация или репрофилирование химически опасных объектов. Эколого-гигиенические проблемы и их решение // Б.Н. Филатов, Н.Г. Британов, В.И. Вареник [и др.]. – Волгоград, 2015. – 256 с.
- Методическое пособие по организации и порядку отбора проб объектов производственной и природной среды для проведения анализа компонентов ракетных топлив и продуктов его деструкции. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2014. 158 с.
- Вредные химические вещества в ракетно-космической отрасли: справочник / Под ред. В.В. Уйба, К.В. Котенко, В.С. Кушневой. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2011. 408 с.
- Сборник методических указаний по определению 1,1-диметилгидразина и продуктов его деструкции в объектах производственной, окружа-

- ющей среды и биосредах / Под общей редакцией к.м.н. Р.Б. Горшковой. М.: ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2011. 726 с.
- ГН 2.1.7.2735–10 «Предельно допустимая концентрация (ПДК) 1,1-диметилгидразина (гептила) в почве».
 - СанПиН 2.1.7.1287–03. «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов».
 - Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф. Нефтепродукты в почвах и методы их анализа. Волгоград: Изд-во Волг. ГТУ, 2013. – 132 с.
 - СП 2.6.1.2523–09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
 - Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Гармаев С.Р. Биологический круговорот макро- и микроэлементов в пойменных ценозах Забайкалья. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. – 216 с.
 - Макеев О.В. Микроэлементы в почвах Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1973. – 150 с.
 - ГН 2.1.5.1315–03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
 - ГН 2.1.5.2280–07. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315–03».

References

- GOST 12.1.007–76. Occupational safety standards system. Harmful substances. Classification and general safety requirements (with Changes No. 1 and No. 2). Moscow; 1976. (in Russian)
- The results of environmental and hygienic control in the territory of site No. 11 of the former facility 750 and proposals for amending the draft Guide with the application of sampling and analysis protocols: the final report. Moscow: EkoRK; 2014. (in Russian)
- The results of environmental and hygienic control at the site of site No. 23 of the former facility 750 and proposals for amending the draft Guide with the application of sampling and analysis protocols: the final report. Moscow: EkoRK; 2015. (in Russian)
- Practical approbation of methodological approaches, laid down in the draft of the Manual «Ensuring environmental and hygienic safety of the territories for placing mine launchers after their decommissioning and land reclamation» (cipher: «Site»): Progress report on PMGM (final). Moscow; 2015. (in Russian)
- Federal Target Program «National System of Chemical and Biological Safety of the Russian Federation (2009–2014)». Moscow; 2008. (in Russian)
- Filatov B.N., Britanov N.G., Varenik V.I. Liquidation or Re-profiling of Chemically Hazardous Objects. Ecological and Hygienic Problems and their Solution [Likvidatsiya ili pereprofilirovanie khimicheski opasnykh ob'ektov. Ekologo-gigienicheskie problemy i ikh reshenie]. Volgograd; 2015. (in Russian)
- Methodological manual on the organization and order of sampling of industrial and environmental facilities for the analysis of components of rocket fuels and products of its destruction. Moscow; 2014. (in Russian)
- Uyba V.V., Kotenko K.V., Kushnevoy V.S. Harmful Chemicals in the Rocket and Space Industry: A Handbook [Vrednye khimicheskie veshchestva v raketno-kosmicheskoy otrasli: Spravochnik]. Moscow; 2011. (in Russian)
- Gorshkova R.B., ed. Collection of Guidelines for the Determination of 1,1-Dimethylhydrazine and its Degradation Products in Industrial, Environmental and Biomedical Facilities [Sbornik metodicheskikh ukazaniy po opredeleniyu 1,1-dimetilgidrazina i produktov ego destruktzii v ob'ektakh proizvodstvennoy, okruzhayushchey sredy i biosredakh]. Moscow; 2011. (in Russian)
- GN 2.1.7.2735–10. The maximum permissible concentration (MPC) of 1,1-dimethylhydrazine (heptyl) in the soil. Moscow; 2010. (in Russian)
- SanPiN 2.1.7.1287–03. Sanitary and epidemiological requirements to the quality of soil and soils. Moscow; 2003. (in Russian)
- Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F. Petroleum Products in Soils and Methods for their Analysis [Nefteprodukty v pochvakh i metody ikh analiza]. Volgograd; 2013. (in Russian)
- SP 2.6.1.2523–09. Norms of radiation safety (NRB-99/2009). Moscow; 2009. (in Russian)
- Merkusheva M.G., Ubunov L.L., Garmaev S.R. Biological Circulation of Macro- and Microelements in the Floodplain Cenoses of Transbaikalia [Biologicheskii krugovorot makro- i mikroelementov v poymennykh tzenozakh Zabaykal'ya]. Ulan-Ude; 2003. (in Russian)
- Makeev O.V. Microelements in the Soils of Siberia and the Far East [Mikroelementy v pochvakh Sibiri i Dal'nego Vostoka]. Moscow: Nauka; 1973. (in Russian)
- GN 2.1.5.1315–03. The maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in water in water bodies of domestic and drinking and cultural and domestic water use. Moscow; 2003. (in Russian)
- GN 2.1.5.2280–07. The maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in water in water bodies of domestic and drinking and cultural and domestic water use. Additions and changes No. 1 to GN 2.1.5.1315–03. Moscow; 2003. (in Russian)

Поступила 20.06.17

Принята к печати 05.07.17



◀ Рис. 2. Общий вид исследуемой площадки № 11.

► Рис. 3. ШПУ, частично заполненная водой, после неполной ликвидации в 1977 г.



◀ Рис. 4. Частично ликвидированное в 1977 г. хранилище НДМГ.

► Рис. 5. Взятие смывов с поверхности стены хранилища НДМГ площадки № 23.

