

численного моделирования установлено, что на ламинарность потока влияет угол расширения трубы. Расчеты показывают, что оптимальным углом является  $\alpha=15^\circ$ .

**Закключение.** Разработаны метод преобразования газоаэрозольных смесей в дисперсную фазу и устройство для его реализации, которое может быть использовано для дисперсного анализа и контроля фазового состава (соотношение «газ — аэрозоль») радиоактивных аэродисперсных систем в технологических коммуникациях, производственных помещениях и в окружающей среде. Метод опробован на примере смеси летучих и аэрозольных окислов рутения, однако обладает потенциалом для работы с другими радионуклидами (в зависимости от подбора химического реагента).

#### Библиографический список

1. Tojo G., Fernandez M. Oxidation of Primary Alcohols to Carboxylic Acids: A Guide to Current Common Practice. N. Y., USA: Springer Science+Business Media, LLC, 2007. P. 61–78.
2. Холзунов А. Г. Основы расчета пневматических приводов. М.: Машиностроение, 1964. С. 86.
3. Parker C. Reist Introduction to Aerosol Science. N. Y.: Macmillan Publishing Company, 1984. P. 129–130.

#### Translit

1. Tojo G., Fernandez M. Oxidation of Primary Alcohols to Carboxylic Acids: A Guide to Current Common Practice. N. Y., USA: Springer Science+Business Media, LLC, 2007. P. 61–78.
2. Holzunov A. G. Osnovy rascheta pnevmaticheskikh privodov. M.: Mashinostroenie, 1964. S. 86.
3. Parker S. Reist Introduction to Aerosol Science. N. Y.: Macmillan Publishing Company, 1984. P. 129–130.

УДК 614.876: 621.0397

Оригинальная статья

### РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИАРГУНСКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

**Н. К. Шандала** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», заместитель Генерального директора по науке и биофизическим технологиям, доктор медицинских наук; **А. В. Титов** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», старший научный сотрудник; **С. М. Киселев** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», ведущий научный сотрудник; **В. А. Серёгин** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», научный сотрудник; **Д. В. Исаев** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», инженер; **М. П. Семенова** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства», старший научный сотрудник.

#### MONITORING OF RADIATION HYGIENIC SITUATION IN THE AREA OF THE ARGUN PRODUCTION MINING AND CHEMICAL ASSOCIATION

**N. K. Shandala** — State Scientific Research Center n.a. A. I. Burnazyan — Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Deputy Director General, Doctor of Medicine; **A. V. Titov** — State Scientific Research Center n.a. A. I. Burnazyan — Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Senior Research Scientist; **S. M. Kiselev** — State Scientific Research Center n.a. A. I. Burnazyan — Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, leading researcher; **V. A. Seryogin** — State Scientific Research Center n.a. A. I. Burnazyan — Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, scientist; **D. V. Isaev** — State Scientific Research Center n.a. A. I. Burnazyan — Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, engineer; **M. P. Semenova** — State Scientific Research Center n.a. A. I. Burnazyan — Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Senior Research Scientist.

Дата поступления — 9.12.2013 г.

Дата принятия в печать — 16.12.2013 г.

**Шандала Н. К., Титов А. В., Киселев С. М., Серёгин В. А., Исаев Д. В., Семенова М. П.** Радиационно-гигиенический мониторинг в районе расположения Приаргунского производственного горно-химического объединения // Саратовский научно-медицинский журнал. 2013. Т. 9, № 4. С. 824–827.

Приаргунское производственное горно-химическое объединение является многоотраслевым горнодобывающим предприятием, осуществляющим подземную добычу урановых руд и их переработку гидрометаллургическим способом с получением природной закиси-окиси урана. Для установления стратегии и разработки критериев реабилитации территории предприятия в течение нескольких лет проводится независимый радиационно-гигиенический мониторинг. Проведенные исследования показали существенное превышение содержания  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  по сравнению с районом, расположенным вне зоны влияния добычи урана.

**Ключевые слова:** радиоактивное загрязнение, естественные радионуклиды, мощность дозы, пробы объектов окружающей среды.

**Shandala N. K., Titov A. V., Kiselev S. M., Seregin V. A., Isaev D. V., Semenova M. P.** Monitoring of radiation hygienic situation in the area of the Argun production mining and chemical association // *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2013. Vol. 9, № 4. P. 824–827.

The Argun Production Mining and Chemical Association is a multi-activity mining company which performs mining of uranium ore, carries out refining of such ores in hydrometallurgical process to produce natural uranium oxide. In order to establish the strategy and develop criteria for the site remediation, independent radiation hygienic monitoring is being carried out over some years. The researches performed showed that there is a significant excess of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{232}\text{Th}$  content compared to areas outside the zone of influence of uranium mining.

**Key words:** radioactive contamination, natural radionuclides, dose rate, samples of environmental media.

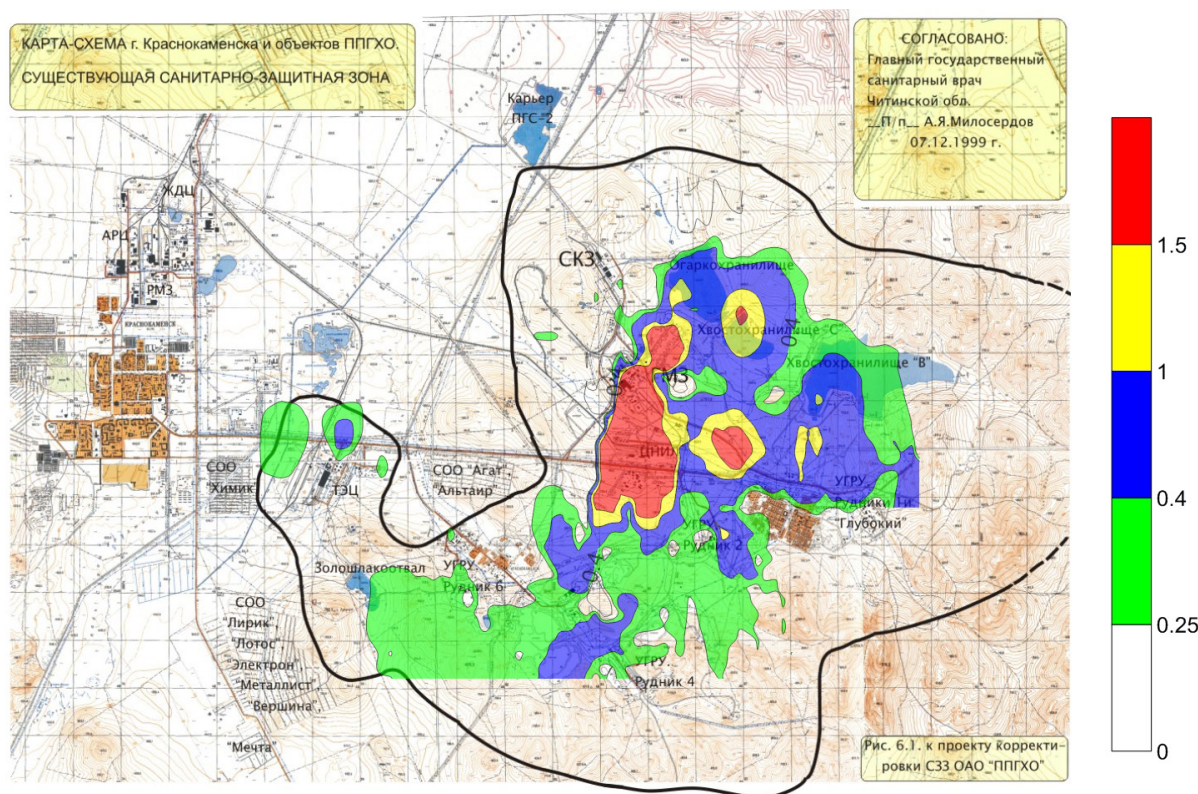
**Введение.** Приаргунское производственное горно-химическое объединение (далее — ППГХО) является многоотраслевым горнодобывающим предприятием, осуществляющим, кроме подземной добычи урановых руд, также переработку этих руд гидрометаллургическим способом с получением природной закиси-оксида урана. Объекты ППГХО оказываются источником как радиационного, так и химического загрязнения окружающей среды в районе их расположения [1–2].

Ранее (2005–2010 гг.) нами была проведена оценка радиационной обстановки в населенном пункте Октябрьский, находящемся на территории ППГХО. Поселок был основан в 1964 г. для временного проживания работников геологоразведочной экспедиции и строителей, по мере строительства ППГХО поселок оказался со всех сторон окружен промышленными объектами. В результате было показано, что неблаго-

лого фонда [3, 4]. В настоящее время все жители поселка отселены с территории ППГХО в близлежащий город Краснокаменск.

**Цель работы:** оценка результатов радиационно-гигиенического мониторинга, проводимого как на промышленной площадке ППГХО, так и на прилегающих территориях, на которых находятся отработанные отвалы горных пород и хвостохранилища.

**Материал и методы.** Методологической основой исследования является радиационно-гигиенический мониторинг [1]. Объектами исследований были почва, объекты водной среды (донные отложения, озерная вода), а также питьевая вода. В пробах объектов окружающей и водной среды определялась удельная активность естественных радионуклидов (ЕРН) на гамма-спектрометрах с полупроводниковым и сцинтилляционным детекторами. Использовались спектрометры фирмы «Canberra» с широко-



Мощность дозы гамма-излучения (мкЗв/ч) на территории СЗЗ ППГХО в 2012 г.

приятная радиационная обстановка в пос. Октябрьский обусловлена факторами как природного, так и техногенного характера. Основную опасность для населения представляло внутреннее облучение от ингаляционного поступления радона и продуктов его распада. Нами было рекомендовано переселение 2000 жителей поселка в безопасные жилища. Важным аргументом в пользу переселения были факты, во-первых, регулирующего запрета проживания на территории уранового объекта и, во-вторых, превышение норматива по радону ( $200 \text{ Бк/м}^3$ ) в 39% жи-

полосным германиевым детектором. Для измерения мощности дозы гамма-излучения и содержания ЕРН в почве использовался портативный спектрометрический комплекс МКС-01А «Мультирад-М».

**Результаты.** На рисунке представлены измеренные мощности дозы вне и внутри наземных построек на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) ППГХО. Для сравнения в табл. 1 даны мощности дозы на территории и за пределами СЗЗ.

В табл. 2–4 содержатся данные о загрязнении почвы, воды открытых водоемов и донных отложений на территории СЗЗ ППГХО, а также за ее пределами.

Исследования проб питьевой воды системы централизованного водоснабжения ППГХО показали, что суммарная альфа-активность питьевой воды в

**Ответственный автор** — Шандала Наталия Константиновна  
 Адрес: 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46.  
 Тел.: 499 190 9329  
 E-mail: shandala-fmbc@bk.ru

Таблица 1

## Мощность дозы гамма-излучения за пределами СЗЗ ППГХО в 2012 г.

Место измерения	Мощность дозы гамма-излучения, мкЗв/ч
Карьер песчано-гравийной смеси	0,22±0,02
Озеро Ланцово	0,32±0,02
Резервное водохранилище	0,14±0,002
Поселок Соктуй-Милозан*	0,14±0,003

Примечание: \* — поселок Соктуй-Милозан является фоновым населенным пунктом, выбранным для сравнения влияния ППГХО. Поселок Соктуй-Милозан расположен на расстоянии 20 км от площадки комбината.

Таблица 2

## Содержание ЕРН в почве на территории СЗЗ и за ее пределами, Бк/кг

Место отбора пробы	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra
Огаркохранилище — на территории СЗЗ	240±15	4666±490
Озеро Ланцово — за пределами СЗЗ	270±16	430±42
Карьер песчано-гравийной смеси — за пределами СЗЗ	210±40	175±30
Резервное водохранилище — за пределами СЗЗ	100±3	65±4
Поселок Соктуй-Милозан (район для сравнения)	109±5	88±7

Таблица 3

## Содержание ЕРН в воде поверхностных водоемов

Место отбора пробы	Удельная активность, Бк/л					
	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>235</sup> U	<sup>40</sup> K	<sup>210</sup> Pb
Озеро Ланцово	-*	0,2	0,02	0,03	0,1	-
Умыкейские озера, 2620 м от места сброса	2,3	0,1	0,008	0,09	-	-
Умыкейские озера, на месте сброса	4,8	2,0	0,5	0,1	3,0	12,5
Резервное водохранилище	1,6	0,4	0,02	0,07	0,05	0,6
Карьер песчано-гравийной смеси	4,4	0,05	0,03	0,3	0,8	0,8

Примечание: \* — прочерк означает, что удельная активность не определена.

Таблица 4

## Содержание ЕРН в донных отложениях поверхностных водоемов, Бк/кг

Место отбора пробы	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th
Озеро Ланцово	42±14	66±14
Умыкейские озера	50±5	51±10
Резервное водохранилище	36±6	70±10

среднем находится на уровне 1,55±0,31 Бк/л. Пятилетняя динамика содержания <sup>222</sup>Rn в пробах питьевой воды показывает разброс удельной активности <sup>222</sup>Rn от 20 до 220 Бк/л.

**Обсуждение.** Долгосрочные исследования не выявили существенных изменений в значениях мощности дозы гамма-излучения на территории ППГХО. Повышенные уровни были зарегистрированы около отвалов забалансовых руд, хвостов и в центральном рудном дворе, где хранится добытая руда. При транспортировке руды периодически возникают локальные загрязнения на дорогах, но такие загрязнения быстро выявляются и ликвидируются.

Согласно материалам рисунка и табл. 1 мощность дозы гамма-излучения на территории СЗЗ, за исключением промышленных площадок, изменяется в пределах от 0,11 до 5,4 мкЗв/ч. Максимальные уровни зафиксированы в районе рудного двора, где хранится урановая руда. За пределами СЗЗ повышенный уровень мощности дозы, 0,32 мкЗв/ч, зафик-

сирован в районе озера Ланцово, что обусловлено повышенным содержанием ЕРН в почве. В фоновом населенном пункте (пос. Соктуй-Милозан) среднее значение мощности дозы составляет 0,14 мкЗв/ч.

Максимальная удельная активность ЕРН в почве на территории СЗЗ достигает значений 12800 Бк/кг и 510 Бк/кг по <sup>226</sup>Ra и <sup>232</sup>Th соответственно. Как видно из материалов табл. 2, на территории СЗЗ в районе огаркохранилища средняя активность <sup>226</sup>Ra в почве составляет 4666 Бк/кг, что обусловлено аварийным загрязнением в результате утечек через плотину хвостохранилища.

За пределами СЗЗ повышенные значения <sup>226</sup>Ra в почве зафиксированы в районе озера Ланцово — 430 Бк/кг; озеро пополняется за счет стока дождевых и талых вод с площадок города, ремонтно-механического завода и завода строительных изделий, а также дренажной водой с садово-огородных участков. В наземной растительности на этих территориях также наблюдаются повышенные уровни удельной актив-

ности естественных радионуклидов (до 63 и 37 Бк/кг для  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{210}\text{Pb}$  соответственно). Следует отметить, что в фоновом населенном пункте Соктуй-Милозан средние значения удельной активности в почве  $^{226}\text{Ra}$  от 5 до 50 раз ниже в сравнении с территорией СЗЗ, составляя в среднем 88 Бк/кг.

Поверхностные водоемы за пределами СЗЗ имеют различное предназначение. Резервное водохранилище используется для технических нужд теплоэнергоснабжения, а населением для полива дачных участков. В Умыкейские озера производится сброс бытовых и промышленных сточных вод, в том числе и от теплоэнергоснабжения. Население использует озера в качестве неорганизованной зоны отдыха и рыбалки. Озеро Ланцово и затопленный карьер песчано-гравийной смеси не используются. Эти озера пополняются дождевой и талой водой из районов города Краснокаменска и ремонтно-механического завода. В эти водоемы по дренажным канавам поступает дренажная вода с приусадебных участков, расположенных к западу от города Краснокаменска. Удельная активность ЕРН в воде водохранилищ (см. табл. 3) по ряду радионуклидов превышает уровни вмешательства, установленные для питьевой воды [2].

Концентрации ЕРН в донных отложениях являются относительно равномерными (см. табл. 4). Однако на ряде участков в районе Умыкейских озер в 50–60 метрах от места сброса хозяйственно-бытовых сточных вод концентрации ЕРН в донных отложениях зафиксированы на уровнях в несколько раз выше по сравнению с остальными частями озер.

Исследования проб питьевой воды, отобранных из системы централизованного водоснабжения комбината показали, что суммарная альфа-активность питьевой воды в среднем находится на уровне 1,55 Бк/л, что приводит к превышению установленного регулирующими органами уровня вмешательства (0,2 Бк/л) от 6 до 10 раз. Такая высокая суммарная альфа-активность питьевой воды обусловлена большим содержанием в ней ЕРН, особенно  $^{222}\text{Rn}$ , динамическое определение которого показывает превышение уровня вмешательства по  $^{222}\text{Ra}$ , равного 60 Бк/л [2], от 2 до 4 раз.

**Заключение.** Проведенные исследования показали существенное превышение содержания ЕРН в объектах окружающей среды и в питьевой воде района СЗЗ ППГХО по сравнению с районом, рас-

положенным вне зоны влияния добычи урана. Таким образом, в результате деятельности ППГХО произошло техногенное загрязнение локальных участков СЗЗ. Загрязненная территория, составляющая 0,5% территории уранового комбината, может быть отнесена к площадке уранового наследия. Кроме того, имеются территории за пределами СЗЗ, также требующие проведения соответствующих реабилитационных мероприятий. Особая озабоченность связана с загрязнением системы Умыкейских озер, в которые проводится сброс бытовых и промышленных стоков города Краснокаменска, прилегающего к комбинату, и теплоэлектроцентрали ППГХО. В связи с этим необходимо провести переоснащение очистительных установок на Умыкейских озерах, что, возможно, позволит улучшить их радиологическое состояние.

**Конфликт интересов не заявляется.**

#### Библиографический список

1. Ильин Л.А., Шандала Н.К., Савкин М.Н., Новикова Н.Я. Место и роль радиационно-гигиенического мониторинга в системе социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2004. № 5. С. 9–15.
2. Санитарные правила «Нормы радиационной безопасности» НРБ-99/2009, СанПиН 2.6.1.2523–09: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 07 июля 2009 г. М., 2009.
3. Уйба В.В., Киселев М.Ф., Романов В.В., Шандала Е.К., Хохлова Е.А. Жизнь на разломе: результаты исследований // Безопасность окружающей среды. 2007. № 2. С. 68–71.
4. Уйба В.В., Киселев М.Ф., Романов В.В., Шандала Е.К., Хохлова Е.А. Проблемы безопасности населения на территориях с природными и техногенными факторами радиации на примере района влияния Приаргунского горно-химического комбината // Биосфера. 2009. Т. 1, № 1. С. 101–105.

#### Translit

1. Il'in L. A., Shandala N.K., Savkin M.N., Novikova N. Ja. Mesto i rol' radiacionno-gigienicheskogo monitoringa v sisteme social'no-gigienicheskogo monitoringa // Gigiena i sanitarija. 2004. № 5. S. 9–15.
2. Sanitarnye pravila «Normy radiacionnoj bezopasnosti» NRB-99/2009, SanPiN 2.6.1.2523–09: utv. postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF 07 ijulja 2009 g. M., 2009.
3. Ujba V.V., Kiselev M.F., Romanov V.V., Shandala E.K., Hohlova E.A. Zhizn' na razlome: rezul'taty issledovanij // Bezopasnost' okruzhajushhej sredy. 2007. № 2. S. 68–71.
4. Ujba V.V., Kiselev M.F., Romanov V.V., Shandala E.K., Hohlova E.A. Problemy bezopasnosti naselenija na territorijah s prirodnyimi i tehnogennymi faktorami radiacii na primere rajona vlijanija Priargunskogo gorno-himicheskogo kombinata // Biosfera. 2009. T. 1, № 1. S. 101–105.