

Д.С. Гришин<sup>1</sup>, Н.Л. Кучин<sup>1</sup>, А.И. Лайкин<sup>1</sup>, Т.В. Калинин<sup>2</sup>, В.В. Ноженко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия

# НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВНОСТИ ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ НОВОЗЕМЕЛЬСКОЙ ВПАДИНЫ КАРСКОГО МОРЯ

**Объект и цель научной работы.** Объектом работы являлись пробы донных осадков из районов захоронения радиоактивных отходов в Новоземельской впадине Карского моря. Цель работы состояла в измерении распределения удельной активности донных осадков по глубине для идентификации затопленных объектов, являющихся источниками радиоактивного загрязнения морской среды.

**Материалы и методы.** Для определения удельной активности донных осадков использовался гамма-спектрометрический метод измерения предварительно подготовленных проб осадков, отобранных специальным грунтоотборником.

**Основные результаты.** Приведены новые данные о загрязненности гамма-излучающим изотопом <sup>60</sup>Со донных осадков в Новоземельской впадине.

**Заключение.** Наличие <sup>60</sup>Со в донных осадках однозначно подтверждает наличие выхода радиоактивных веществ из затопленных объектов вблизи района пробоотбора. Необходим дальнейший мониторинг данной акватории и ее подробное обследование для точной идентификации затопленных в данном районе объектов.

**Ключевые слова:** радиозкология, радиоактивное загрязнение, донные осадки, удельная активность, спектрометрия гамма-излучения, техногенные радионуклиды.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Гришин Д.С., Кучин Н.Л., Лайкин А.И., Калинин Т.В., Ноженко В.В. Новые результаты исследования активности проб донных осадков Новоземельской впадины Карского моря. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; 2(384): 131–136.

УДК 551.46

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-2-384-131-136

## MISCELLANEOUS

D. Grishin<sup>1</sup>, N. Kuchin<sup>1</sup>, A. Laykin<sup>1</sup>, T. Kalinin<sup>2</sup>, V. Nozhenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> A.F. Mozhaysky Military-Space Academy, St. Petersburg, Russia

# NEW RESULTS OF RADIOACTIVITY STUDIES ON BOTTOM SEDIMENT SAMPLES OF THE NOVAYA ZEMLYA DEPRESSION OF THE KARA SEA

**Object and purpose of research.** This paper studies bottom sediment samples taken at nuclear waste disposal sites of the Novaya Zemlya Depression (the Kara Sea). The purpose of this study was to measure specific activity distribution of bottom sediments depth-wise, to identify dumped objects causing radioactive contamination of marine environment.

**Materials and methods.** Specific activity of bottom sediments was measured as per gamma-spectrometric method. The samples were prepared in advance and taken by a special sampler.

**Main results.** This study gives new data on contamination of the bottom sediments at Novaya Zemlya Depression with  $^{60}\text{Co}$  gamma-emitting isotope.

**Conclusion.** Presence of  $^{60}\text{Co}$  in bottom sediments clearly indicates to radioactive leakages from dumped objects near the site of sampling. For exact identification of these dumped objects, it is necessary to perform further monitoring of this water area and to explore it in details.

**Key words:** radioecology, radioactive contamination, bottom sediments, specific activity, spectrometry of gamma-emission, man-made radionuclides.

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Grishin D., Kuchin N., Laykin A., Kalinin T., Nozhenko V. New results of radioactivity studies on bottom sediment samples of the Novaya Zemlya Depression of the Kara Sea. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; 2(384): 131–136 (in Russian).

UDC 551.46

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-2-384-131-136

Одной из важных экологических задач глобально-го масштаба, решаемых в настоящее время, является радиоэкологическая реабилитация Арктического региона, экономическая и экологическая значимость которого для развития России возрастает постоянно [1]. В последние годы опубликованы обобщающие труды, где представлена достаточно полная картина загрязнения техногенными радионуклидами морей и океанов, омывающих Россию [1–3]. В этих работах приведены данные по источникам радиоактивного загрязнения и уровням загрязнения воды и донных осадков в 22 бухтах и заливах Арктического и Дальневосточного регионов, из которых 7 бухт относятся к Новой Земле.

Радиоактивное загрязнение бухт и заливов Новой Земли и Карского моря имеет особое значение, поскольку в 1965–1988 гг. именно в этих акваториях сбрасывались элементы конструкций судовых ядерных реакторов и контейнеры с твердыми радиоактивными отходами. Наибольшие сбросы радиоактивных веществ производились в заливах Цивольки, Абросимова, Степового и Течений, а также в районе Новоземельской впадины. Большинство названных акваторий являются исследованными как в отношении уровня радиоактивного загрязнения, так и в отношении динамики его изменения. Наименее исследованными остаются Новоземельская впадина и заливы Течений и Благополучия. В настоящее время в соответствии с опубликованными данными можно считать установленным факт выхода радионуклидов из источников загрязнения в этих заливах.

После выхода из объекта часть радиоактивных веществ уносится течениями или приливными движениями, а другая часть переносится вглубь донных осадков посредством осадконакопления и диффузии. Распределение удельной активности радионуклидов в донных осадках может быть выбрано в качестве индикатора [4], который характеризует динамику их выхода за пределы затопленных объектов во внешнюю морскую среду.

Наличие соотношений между распределением радионуклидов в донных осадках и внутри затопленного объекта позволяет по результатам измерений распределения радионуклидов в донных осадках оценить постоянные времени выхода радионуклидов из затопленных объектов. Эти постоянные времени и характеризуют динамику поступления радионуклидов во внешнюю морскую среду, определяя ее загрязнение. Таким образом, наблюдение за радиоактивным загрязнением донных осадков позволяет контролировать состояние затопленного объекта и, в первую очередь, объекта, конструкция которого известна.

В 1994–1998 гг. максимальные уровни загрязнения радионуклидами донных осадков вблизи источников достигали следующих величин:  $^{137}\text{Cs}$  –  $10^5$  Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  –  $4 \cdot 10^3$  Бк/кг,  $^{60}\text{Co}$  – 350 Бк/кг,  $^{239}\text{Pu}$  – 15 Бк/кг [2, 3]. На расстояниях до 1–2 км от источника наблюдаются повышенные концентрации  $^{137}\text{Cs}$ , превосходящие фоновые в 2–10 раз. В основной части площади заливов удельная активность радионуклидов близка к фоновой, т.е. находится в таких же пределах, как и в Карском море. Последние данные о загрязнении этих акваторий

получены в экспедициях МЧС и российско-норвежской экспедиции в 2004–2015 гг., когда были отобраны пробы в ряде точек заливов Абрисимова, Степового, Цивольки, Ога, Благополучия и Течений с помощью грунтоотборной трубки, не нарушающей верхнего слоя донных осадков, и измерены профили распределения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  по глубине.

В заливе Абрисимова максимальные значения удельной активности расположены, как правило, на глубине 8–12 см: это говорит о том, что выход

радионуклидов из источников был неравномерным во времени – сначала рос, потом убывал. Максимальная глубина проникновения радионуклидов в ряде случаев достигает 20 см и больше. Горизонтальное распределение  $^{137}\text{Cs}$  в донных осадках по площади бухты характеризуется крайней неоднородностью: так, в поверхностных слоях 0–2 см удельная активность этого радионуклида варьируется от 25 до 500 Бк/кг.

В заливе Степового максимум удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  приходится на приповерхностные

**Таблица 1.** Удельная активность радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг

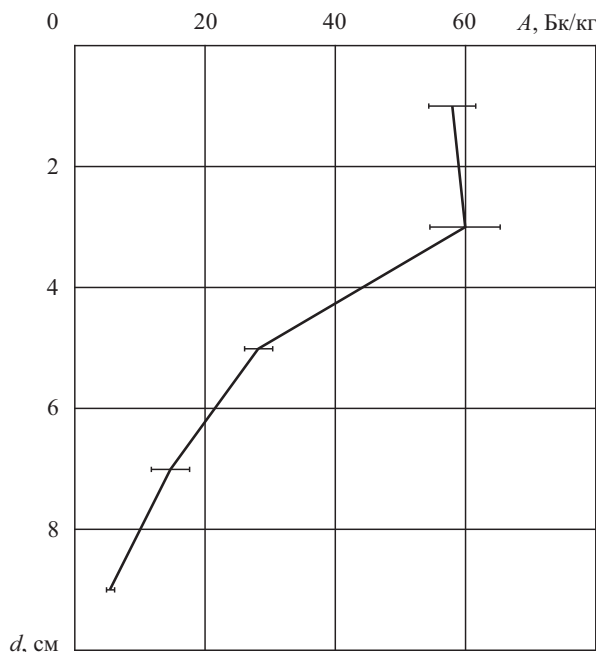
**Table 1.** Specific activity of radionuclide  $^{137}\text{Cs}$ , Bk/kg

Слой Станция, координаты	0–2 см	2–4 см	4–6 см	6–8 см	8–10 см
5199-0 72° 20,626' с.ш.; 57° 52,590' в.д.	58 ± 5	–	–	–	–
5199-1 72° 20,666' с.ш.; 57° 52,590' в.д.	19 ± 2	23 ± 2	6 ± 5	< 3	< 3
5199-2 72° 20,626' с.ш.; 57° 52,710' в.д.	21 ± 4	26 ± 3	11 ± 3	< 4	< 1
5199-3 72° 20,576' с.ш.; 57° 52,590' в.д.	18 ± 4	16 ± 3	4,7 ± 0,8	< 3	< 3
5199-4 72° 20,626' с.ш.; 57° 52,480' в.д.	58 ± 4	60 ± 5	28 ± 2	15 ± 3	5,5 ± 0,6

**Таблица 2.** Удельная активность радионуклида  $^{60}\text{Co}$ , Бк/кг

**Table 2.** Specific activity of radionuclide  $^{60}\text{Co}$ , Bk/kg

Слой Станция, координаты	0–2 см	2–4 см	4–6 см	6–8 см	8–10 см
5199-0 72° 20,626' с.ш.; 57° 52,590' в.д.	25 ± 3	–	–	–	–
5199-1 72° 20,666' с.ш.; 57° 52,590' в.д.	5 ± 3	3,2 ± 0,6	< 3	< 3	< 3
5199-2 72° 20,626' с.ш.; 57° 52,710' в.д.	< 3	< 3	< 3	< 3	< 1
5199-3 72° 20,576' с.ш.; 57° 52,590' в.д.	< 3	< 3	< 1	< 3	< 3
5199-4 72° 20,626' с.ш.; 57° 52,480' в.д.	4,5 ± 0,5	< 4	< 2	< 4	< 1



**Рис. 1.** Профиль загрязнения донных осадков радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  на станции 5199-4

**Fig. 1.** Profile of bottom sediment contamination with  $^{137}\text{Cs}$  at Station 5199-4

слои 0–6 см. Несмотря на то, что наибольшая доля радиоактивных отходов была сброшена в залив Цивольки, в этом заливе наблюдается наименьшая удельная активность радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  – не более 20 Бк/кг. Данный факт может быть объяснен тем, что большая часть затопленных радиоактивных материалов – это экранная сборка и реакторный отсек ледокола «Ленин», из которых выход радиоактивных веществ в воду сильно затруднен.

В заливах Ога, Благополучия и Течений в точках отбора проб уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  не превышали фоновых значений, характерных для Карского моря.

В итоге можно заключить, что в настоящее время в ряде акваторий наблюдаются значительные уровни загрязнения донных осадков техногенными радионуклидами. Эти загрязнения характеризуются крайней неоднородностью. Вариации содержания радионуклидов в воде, как правило, даже при наличии значительного загрязнения донных осадков, находятся на уровне вариаций фона. Эти факты нуждаются в объяснении. Кроме того, должны быть построены критерии оценки радио-

экологического состояния акватории с учетом неравномерного распределения техногенных радионуклидов по площади акватории. Измерения содержания радионуклидов в акваториях, где обнаружен их значительный уровень, нужно продолжить. Также необходимы измерения и поиск объектов с их последующим обследованием в Новоземельской впадине.

В экспедиции 2015 г. (63-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш») получены данные по радиоэкологической обстановке в Новоземельской впадине. Пробоотбор донных осадков был произведен на пяти станциях с помощью грунтоотборной трубки, не нарушающей верхнего слоя донных осадков. Измерение проб донных осадков проводилось в гамма-спектрометрической лаборатории ФГУП «Крыловский государственный научный центр» на двух низкофоновых полупроводниковых спектрометрах гамма-излучения: типа GEM-35 и типа GEM-80. Для управления спектрометрами и проведения измерений использовалась программа GammaVision. Калибровка спектрометров проводилась по объемной мере активности (ОМАСН), содержащей радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{252}\text{Am}$  в геометрии «чашки Петри» диаметром 100 мм. Измеряемая проба предварительно высушивалась и измельчалась, после чего размещалась в «чашке Петри» диаметром 100 мм и устанавливалась в рабочей камере спектрометра перед детектором.

Минимально детектируемая активность спектрометра GEM-35 составила для радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  0,20 Бк на пробу при времени измерения 2 часа и 0,07 Бк на пробу за время измерения 17 часов. Минимально детектируемая активность спектрометра GEM-80 составила для радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  0,15 Бк на пробу при времени измерения 2 часа и 0,05 Бк на пробу за время измерения 17 часов. В пробах были найдены техногенные радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$ . Результаты измерений распределения удельной активности техногенных радионуклидов, содержащихся в донных осадках, по глубине представлены в табл. 1 и 2. Профиль загрязнения радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$  на станции 5199/4 представлен на рис. 1.

## Выводы

### Conclusions

В пробах верхнего слоя донных осадков (0–4 см), взятых на станциях 5199-0, 5199-1 и 5199-4, об-

наружен техногенный радионуклид  $^{60}\text{Co}$ . Также во всех пробах верхнего слоя обнаружено превышение глобального уровня загрязнения техногенным радионуклидом  $^{137}\text{Cs}$ . На основании этого можно утверждать, что из объектов, затопленных в Новоземельской впадине в районе станции 5199, происходит незначительный выход техногенных радионуклидов. Наличие  $^{60}\text{Co}$  в донных осадках может однозначно характеризовать поступление активности из затопленных вблизи объектов, поскольку этот изотоп связан с активацией элементов металлических конструкций.

В связи с этим необходим дальнейший мониторинг данной акватории и ее более подробное обследование для точной идентификации затопленных в данном районе объектов.

## Библиографический список

### References

1. Саркисов А.А., Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Никитин В.С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2015. [A. Sarkisov, Yu. Sivintsev, V. Vysotsky, V. Nikitin. Nuclear vestiges of the Cold War on the Arctic bottom. Radioecological and technical & economic issues of remediating radiocontaminated seas. Moscow: Nuclear Safety Institute (IBRAE), 2015. (in Russian)].
2. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Радиационная экологическая океанология. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. [D. Matishov, G. Matishov. Radioecological oceanology. Apatity: Publishing House of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, 2001. (in Russian)].
3. Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П. и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и Дальневосточные моря. М.: ИздАТ, 2005. [Yu. Sivintsev, S. Vakulovsky, A. Vasilyev et al. Man-made radionuclides in Russian seas. Radioecological outcomes of radioactive waste disposal in Arctic and Far Eastern seas. Moscow: IzdAT, 2005. (in Russian)].
4. Кучин Н.Л., Лайкин А.И., Платовских Ю.А. Соотношение между динамикой выхода радионук-

лидов из затонувших объектов и их распределением в донных осадках // Атомная энергия. 2013. Т. 115. № 6. С. 335–340. [N. Kuchin, A. Laikin, Yu. Platovskikh. Dynamics of radionuclides release from sunk objects vs their distribution in bottom sediments // Atomic Energy. 2013; 6(115): 335–40. (in Russian)].

### Сведения об авторах

Гришин Денис Сергеевич, ведущий инженер ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, г. Санкт-Петербург, Россия, Московское шоссе, 44. Телефон: +7 952 379-21-85. E-mail: denis.grishine@gmail.com.

Кучин Николай Леонидович, д.ф.-м.н., начальник комплексного отдела – руководитель отраслевого кризисного центра ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, г. Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44. Тел.: +7 (812) 386-69-09. E-mail: skc@ksrc.ru.

Лайкин Андрей Игоревич, начальник лаборатории ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, г. Санкт-Петербург, Россия, Московское шоссе, 44. Тел.: +7 (911) 256-73-48. E-mail: laykin@mail.ru.

Калинин Тимур Валерьевич, к.т.н., профессор, доцент Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Адрес: 197110, г. Санкт-Петербург, Россия, Ждановская ул., 13. Тел.: +7 981 895-72-93. E-mail: timurkalinin@yandex.ru.

Ноженко Владимир Владиславович, курсант Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Адрес: 197110, г. Санкт-Петербург, Россия, Ждановская ул., 13. Тел.: +7 911 191-03-37. E-mail: nozhenkovladimir30@gmail.com.

### About the authors

Grishin, Denis S., Lead Engineer, KSRС. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (952) 379-21-85. E-mail: denis.grishine@gmail.com.

Kuchin, Nikolay L., Dr. Phys.-Math.Sci., Prof., Head of Integrated Department – Head of Emergency Management Centre, KSRС. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: 8 (812) 386-69-09. E-mail: skc@ksrc.ru.

Laykin, Andrey I., Head of Laboratory, KSRС. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (911) 256-73-48. E-mail: laykin@mail.ru.

*Kalinin, Timur V.*, Cand. Tech. Sc., Prof., Associate Prof., A.F. Mozhaysky Military-Space Academy. Address: 13, Zhdanovskaya st., St. Petersburg, Russia, post code 197110. Tel.: +7 (981) 895-72-93. E-mail: timurkalinin@yandex.ru.

*Nozhenko, Vladimir V.*, Cadet, A.F. Mozhaysky Military-Space Academy. Address: 13, Zhdanovskaya st., St. Petersburg, Russia, post code 197110. Tel.: +7 (911) 191-03-37. E-mail: nozhenkovladimir30@gmail.com.

Поступила / Received: 20.02.18  
Принята в печать / Accepted: 31.05.18  
© Коллектив авторов, 2018