

Классификация РАО является одним из важнейших элементов обращения с РАО. Классифицировать РАО можно по агрегатному состоянию, по составу излучения, по активности и периоду полураспада. Публикация МАГАТЭ [5] требует, чтобы на различных этапах обращения с РАО перед их захоронением, РАО должны быть охарактеризованы и классифицированы в соответствии с требованиями, установленными регулирующим органом. Отсутствие единой структуры в классификации радиоактивных отходов может иметь негативные последствия для человека, персонала и окружающей среды, а также чрезмерные затраты на захоронения.

В данной работе выполнен анализ классификации удаляемых твердых РАО на примере Российской Федерации, отмечены основные противоречия, а также предложены варианты по совершенствованию классификации. Выполнен анализ согласованности подхода классификации РАО к рекомендациям МАГАТЭ.

Список публикаций:

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Indicators for Nuclear Power Development Nuclear Energy Series No. NG-T-4.5 Technical Reports*, IAEA, Vienna (2015)

[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No. 2*, IAEA, Vienna (2019).

[3] Иванцова Е.Д., Цыро Ю.С., Пыжжев А.И. *Экономические аспекты участия атомной энергетики в решении проблемы глобального изменения климата // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. №9 (366).*

[4] *Predisposal management of radioactive waste. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2009 p. ; 24 cm. — (IAEA safety standards series, ISSN 1020–525X ;no. GSR Part 5)*

## Содержание радионуклидов в донных отложениях Цимлянского водохранилища

*Джура Кирилл Олегович*

*Швецова Дарья Алексеевна, Ляхова Наталья Викторовна*

*Южный федеральный университет*

*Бураева Елена Анатольевна, к.х.н.*

*[Dzhura99@mail.ru](mailto:Dzhura99@mail.ru)*

В работе представлены результаты определения естественных и искусственных радионуклидов в донных отложениях природно-техногенной территории ППУ Цимлянского водохранилища. Используются данные радиозоологических экспедиций 2000, 2001 и 2006 годов в регионе исследования.

Донные отложения играют важную роль в накоплении и переносе радиоактивных веществ в пределах географического района, поэтому существует необходимость в отслеживании и мониторинге удельной активности таких радионуклидов как  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$  для возможности оценки их воздействия на окружающую среду и человека. Загрязнение донных отложений радионуклидами серий распада  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  представляет особый интерес с радиологической точки зрения, поскольку они могут составлять основу радиологических оценок для населения [1].

Для оценки степени и масштабов загрязнения окружающей среды радионуклидами в ходе экспедиций 2000, 2001 и 2006 года было отобрано более чем 25 кернов, глубиной более чем 20-40 см, в акватории ППУ Цимлянского водохранилища. Все керны донных отложений отбирались вдоль линии (разреза) х. Харсеев – ст. Хорошевская и Малая лучка.

Для определения удельной активности радионуклидов в донных отложениях использовали гамма-спектрометр с GeHP детектором фирмы Canberra и счетные геометрии Маринелли 1 литр и Дента, время набора спектров не превышало 24 часа. Ниже представлены сводные данные об удельной активности радионуклидов, отобранных в Цимлянском водохранилище.

Параметр	Удельная активность, Бк/кг			
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
Среднее	39,5	42,4	587,3	35,5
Минимум	13	11,9	99,0	1,4
Максимум	82	84,3	1537,1	100,2

Как видно из таблицы, средние содержания  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  лежат в допустимых значениях по сравнению с мировыми: 4,9–60, 11–64, 140-1700 Бк/кг соответственно. Также учитывая тот факт, что территория ППУ Цимлянского водохранилища является территорией, пострадавшей от последствий аварии на Чернобыльской АЭС 1986 года, содержание  $^{137}\text{Cs}$  лежит в допустимом промежутке 21–188,9 Бк/кг [1-4].

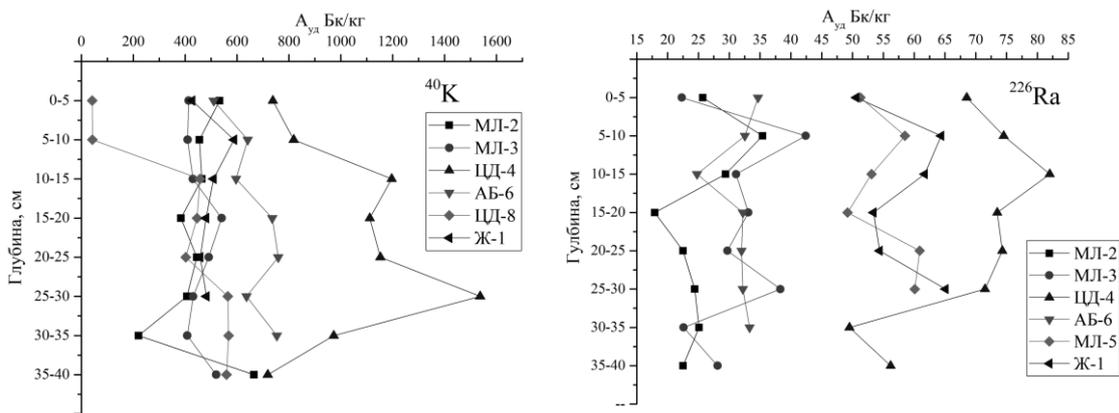


рис.1. Распределение удельной активности  $^{40}\text{K}$  и  $^{226}\text{Ra}$  по глубине, соответственно

Как видно из рис. 1 содержание  $^{40}\text{K}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в основном лежит в средних значениях за исключение данных, взятых из керна ЦД-4, где значения превышают средние. Существует две наиболее вероятных причин этого. Во-первых, это местоположение керна, так как он был отобран в центре территории, куда происходит снос донных отложений за счёт ветровых течений. Во-вторых, с находящихся вокруг ППУ Цимлянского водохранилища большое количество сельскохозяйственных территорий, что может предполагать использование калийных удобрений, содержащих большое количество  $^{40}\text{K}$  и  $^{238}\text{U}$ , которые путём вымывания с водосборных территорий попадают в акваторию водохранилища, впоследствии перемещаясь к центру описанным ранее способом.

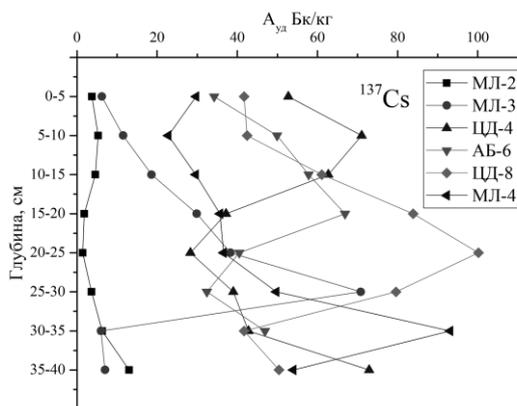


рис.2. Распределение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  по глубине

Так как сбор проб, приведённых на рис. 2, проводился в 2000-2001 годах максимум, наблюдаемый в кернах МЛ-3, МЛ-4 и ЦД-4 скорее всего обусловлен выпадением радионуклидов после аварии на Чернобыльской АЭС 1986 года. Более глубоководные максимумы в кернах МЛ-3, МЛ-4 и ЦД-4 соответственно, вероятны вызваны глобальными выпадениями радионуклидами, такими как испытание ядерного оружия.

В заключение необходимо отметить, что содержание и распределение радионуклидов в донных отложениях зависит от глубины отбора керна и наличия сторонних антропогенных факторов. Также эти измерения можно использовать для оценки экологической ситуации, а также они могут быть прекрасным инструментом для определения возраста донных отложений.

Работа выполнена в рамках темы: «Экологически чистые материалы для инновационных мультифункциональных систем: от цифрового дизайна к производственным технологиям». (Открытый конкурс исследовательских лабораторий ЮФУ-2020).

#### Список публикаций:

- [1] Radioactivity concentrations and their radiological significance in sediments of the Tema Harbour (Greater Accra, Ghana) / Benjamin O. Botwe [et al] // Journal of Radiation Research and Applied Sciences. Issue 1. – 2017. – №10. – P. 63-71.
- [2] Radioactivity levels of recent sediments in the Butrint Lagoon and the adjacent coast of Albania / C. Tsabaris [et al] // Applied Radiation and Isotopes. Issue 4. – 2007 – №65. – P. 445-453.
- [3] T. Ries. Long-term distribution and migration of  $^{137}\text{Cs}$  in a small lake ecosystem with organic-rich catchment: A case study of Lake Vorse (Southern Germany) / T. Ries, V. Putyrskaya, E. Klemt // Journal of Environmental Radioactivity. – 2019. – №198. – P. 89-103.
- [4] On the distribution and inventories of radionuclides in dated sediments around the Swedish coast / Grzegorz Olszewski [et al] // Journal of Environmental Radioactivity. – 2018 – №186. – P. 142-151.