

## **Заключение**

1. Экологически безопасным методом, соответствующим принципам “зелёной химии”, синтезированы два 8-азациклических аналога стероидов.
2. Структура полученных соединений подтверждена данными ИК, УФ,  $^1\text{H}$  ЯМР спектров и элементного анализа.
3. Синтезированные 8-азаастероиды были испытаны на некоторые виды пестицидной активности. Оба соединения показали гербицидную активность против *amaranthus retroflexus*, *brassica rapa*, *abutilon theophrasti* и инсектицидную против *toxoptera graminum*. Гидрохлорид 2,3-диметокси-16,16-диметил-D-гомо-8-азагона-1,3,5(10),13-тетраен-12-имино-17а-она проявил инсектицидную активность против *Musca domestica* фунгицидную против *drechslera*.
4. Таким образом проведённые исследования позволяют считать перспективным поиск в ряду 8-азаастероидов веществ с гербицидной, инсектицидной и фунгицидной активностью.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Iqbal, A. A review on synthesis and biological activities of D-ring modified pregnenolone / A. Iqbal, T. Siddiqui // Steroids. - 2021. - Vol. 170. No.6. P. 108-127.*
2. *Rao, H. S. P. Review on the Synthesis of 8-Azasteroids / H. S. P. Rao, S. P. Senthilkumar //: Current Organic Chem. – 2004. – Vol. 8, No. 15- P. 1521-1528.*
3. *Akhrem, A.A. Specific Fluorescence Properties and Picosecond Transient Absorption of 8-Azasteroids / A.A. Akhrem, N. A. Borisevich, O. V. Gulyakevich, A. L. Mikhal'chuk, T. F. Raichyonok, S. A. Tikhomirov, and G. B. Tolstorozhev // Journal of Fluorescence, 1999. -Vol. 9, No. 4, P. 357 – 361.*
4. *Ахрем, А.А. Синтез и некоторые свойства бензо[а]циклоалкано[f]хинолизинов /А.А. Ахрем, А.М. Мойсенков, В.А. Криворучко, Ф.А. Лахвич, А.Н. Поселёнов // Изв. АН СССР. Сер.хим. – 1972. - № 9. – С.2078 – 2083.*
5. *Пырко, А.Н. Способ получения циклических  $\beta$ -трикетонов /А.Н. Пырко // ЖОрХ. – 1991. – Т. 27, № 10. – С. 2237 – 2238.*
6. *Ахрем А.А., Титов Ю.А. Полный синтез стероидов. М.: Наука, 1967. – 306 с.*
7. *Гуляевич, О.В. Енаминодикетоны. Аннелирование циклических оснований Шиффа 2-(1-аминоэтилиден)-1,3-циклогександионами / О.В. Гуляевич, А.Л. Михальчук, В.А. Хрипач // ЖОрХ. – 1991. – Т. 27, № 1. – С. 213–214.*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕХОДА ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В БИОТУ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

## **EVALUATION OF TRANSFER COEFFICIENTS OF TECHNOGENIC RADIONUCLIDES TO BIOTA OF THE BARENTS SEA**

**H. A. Rosnovskaya<sup>1</sup>, A. I. Kryshev<sup>1</sup>**

**N. A. Rosnovskaya<sup>1</sup>, A. I. Kryshev<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Научно-производственное объединение «Тайфун», г. Обнинск, Российская Федерация*

*<sup>1</sup>Research and Production Association “Typhoon”, Obninsk, Russian Federation*

Проанализирована база данных о содержании техногенных радионуклидов в компонентах экосистемы Баренцева моря в 1992 – 2020 гг. и рассчитаны коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  из воды и донных отложений в референтные организмы. Коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в рыбе составили 93, 262, 12 л/кг соответственно; в моллюсках: 51, 1180, 21 л/кг; в морских растениях: 69, 732, 19 л/кг; в морских млекопитающих (тюленях): 63, 222, 14 л/кг. Коэффициент распределения  $^{137}\text{Cs}$  между водой и донными отложениями составил 426 л/кг; по  $^{239,240}\text{Pu}$  189600 л/кг; по  $^{90}\text{Sr}$  443 л/кг. Коэффициенты перехода техногенных радионуклидов из воды в рыбу Баренцева моря не имеют выраженного тренда, что указывает на установление равновесия в распределении радиоактивности между компонентами Арктической морской экосистемы.

The database on the content of technogenic radionuclides in the components of the Barents Sea ecosystem in 1992-2020 was analyzed and calculated the transfer coefficients of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  from water and bottom sediments to reference organisms. The transition coefficients of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  in fish were 93, 262, 12 l/kg, respectively; in shellfish: 51, 1180, 21 l/kg; in marine plants: 69, 732, 19 l/kg; in marine mammals (seals): 63, 222, 14 l/kg. The distribution coefficient of  $^{137}\text{Cs}$  between water and bottom sediments was 426 l/kg; by  $^{239,240}\text{Pu}$  189600 l/kg;  $^{90}\text{Sr}$  443 l/kg. The transfer coefficients of technogenic radionuclides from water to fish in the Barents Sea do not have a pronounced trend, which indicates the establishment of an equilibrium in the distribution of radioactivity between the components of the Arctic marine ecosystem.

*Ключевые слова:* радиоактивность; Арктика; вода; донные отложения; биота; коэффициент перехода.

*Keywords:* radioactivity; Arctic; water; bottom sediments; biota; conversion factor.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-190-193>

Поступление радионуклидов в экосистему Баренцева моря происходило в результате испытаний ядерного оружия; переноса с течениями сбросов предприятий Великобритании и Франции; затопления в Арктических морях ядерно- и радиационно-опасных объектов; атмосферных выпадений после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Создана база данных о содержании техногенных радионуклидов в компонентах экосистемы Баренцева моря в 1992 – 2020 гг., содержащая 105 записей о содержании техногенных радионуклидов в воде, 50 – в донных отложениях, 217 – в биоте. Основой базы данных являлись результаты многолетнего российско-норвежского мониторинга, проводившегося в период с 2006 по 2020 года [1, 2].

Выбор референтных организмов проводился по нескольким критериям, главными из них являются радиочувствительность, доступность для радиоэкологического мониторинга, экологическая значимость организма и достаточное количество данных мониторинга [3]. В качестве представительных объектов морской биоты Баренцева моря были выбраны: рыба – треска (*Gadus morhua*), двустворчатый моллюск – мидия (*Mytilus edulis*), морское млекопитающее – гренландский тюлень (*Pagophilus groenlandicus*), водное растение – фucus двухрядный (*Fucus distichus*).

Коэффициенты перехода радионуклидов рассчитывали, как отношение удельной активности радионуклида, определенной в представительном объекте морской биоты в Бк/кг сырого веса к объемной активности радионуклида в морской воде в Бк/л. Коэффициенты распределения для седиментов определяли, как отношение удельной активности радионуклида в донных отложениях в Бк/кг сырого веса к объемной активности в морской воде. Для определения результирующих значений выполнялась статистическая обработка данных, включая проверку нормального распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка; в случае отсутствия нормального распределения использовались методы непараметрической статистики.

Баренцево море находится в Арктической зоне, которая имеет свои особенности: суровый климат с низкими температурами. В районе Баренцева моря проживает множество видов уникальных животных и растений, которые способны выживать на данной территории. В холодных водах Баренцева моря переход радионуклидов происходит медленнее, чем в остальной акватории нашей планеты, поэтому полученные результаты могут отличаться от усредненных мировых данных, указанных в справочнике МАГАТЭ [4]. В таблице 1 представлены коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  из воды в референтные организмы Баренцева моря; для сравнения приведены справочные значения, рекомендованные МАГАТЭ.

Таблица 1 – Коэффициенты перехода радионуклидов из воды в объекты биоты Баренцева моря

Объект биоты	Радионуклид	Коэффициент перехода по результатам мониторинга, л/кг	Двусторонний доверительный интервал (95%), Т1, Т2	Коэффициент перехода из литературных источников [2], л/кг
Рыба	$^{137}\text{Cs}$	93	76; 129	100
	$^{90}\text{Sr}$	12	10; 27	3
	$^{239+240}\text{Pu}$	262	197; 1000	100
Моллюски	$^{137}\text{Cs}$	51	26; 258	60
	$^{90}\text{Sr}$	21	7; 56	10
	$^{239+240}\text{Pu}$	1180	912; 4333	3000
Водные растения	$^{137}\text{Cs}$	69	58; 76	50
	$^{90}\text{Sr}$	19	10; 31	10
	$^{239+240}\text{Pu}$	732	449; 1724	4000
Морские млекопитающие	$^{137}\text{Cs}$	63	36; 86	210
	$^{90}\text{Sr}$	14	1; 26	2
	$^{239+240}\text{Pu}$	222	111; 333	280

Из таблицы 1 видно, что среднее значение коэффициента перехода  $^{137}\text{Cs}$  в рыбу составляет 93 л/кг. Результат практически полностью совпадает со средним значением коэффициента перехода по данным МАГАТЭ, который равен 100 л/кг. Коэффициент перехода  $^{239,240}\text{Pu}$  из воды в морскую рыбу по данным мониторинга составил 262 л/кг, что в более чем в 2 раза выше справочного значения. Коэффициент перехода  $^{90}\text{Sr}$  в рыбу Баренцева моря в 4 раза выше справочной величины. Все результаты оценки коэффициентов перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в морской рыбе можно считать достоверными и статистически обеспеченными.

Коэффициент перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в моллюски по данным мониторинга составил 51 л/кг, что хорошо соответствует справочному значению. Коэффициент перехода  $^{239,240}\text{Pu}$  в моллюски имел значительный диапазон изменений. Коэффициент перехода  $^{90}\text{Sr}$  в моллюсков Баренцева моря в 2 раза выше справочной оценки.

Коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  в морские растения составил 69 л/кг, что, с учетом большого количества записей в базе данных и узкого доверительного интервала (58 – 76 л/кг), превышает справочное значение 50 л/кг. Коэффициент перехода  $^{239,240}\text{Pu}$  в морские растения составил 732 л/кг, что существенно ниже справочной оценки, однако, этот результат получен всего на основе 6 значений и требует уточнения. Коэффициент перехода  $^{90}\text{Sr}$  в водоросли Баренцева моря составил 19 л/кг, что в 2 раза выше справочной величины.

Коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  в морских млекопитающих составил 63 л/кг, что в 3 раза ниже справочного значения 210 л/кг. Коэффициенты перехода  $^{239,240}\text{Pu}$  в организм морских млекопитающих по результатам мониторинга и данным МАГАТЭ близки между собой, составляя 222 и 280 л/кг соответственно. Коэффициент перехода радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  для млекопитающих Баренцева моря составил 14 л/кг, что в 7 раз выше справочного значения, однако, разброс значений здесь очень велик (1 – 26 л/кг).

Анализ базы данных показал, что коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  из воды в биоту Баренцева моря, в основном оказались сходны со справочными величинами, тогда как коэффициенты перехода  $^{90}\text{Sr}$  для всех референтных организмов в Арктике выше значений, рекомендованных МАГАТЭ.

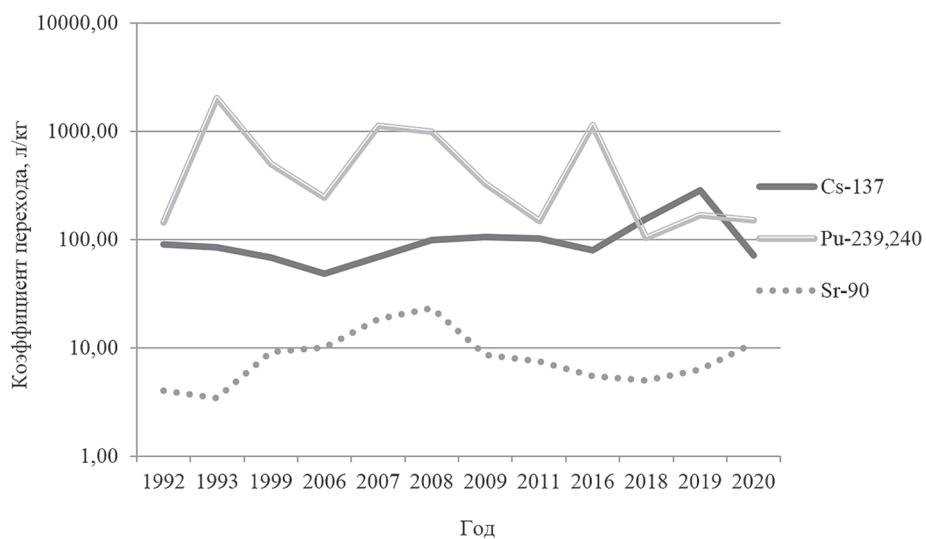
С использованием базы данных определены коэффициенты распределения радионуклидов между водой и донными отложениями Баренцева моря. Для сравнения усредненные среднемировые значения для морских экосистем, рекомендованные в справочнике МАГАТЭ [4]. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

*Таблица 2 – Коэффициенты распределения радионуклидов между морской водой и донными отложениями*

Радионуклид	Коэффициент распределения по результатам мониторинга, л/кг	Двусторонний доверительный интервал (95%), T1, T2	Коэффициент распределения из литературных источников [2], л/кг
$^{137}\text{Cs}$	426	362; 640	3000
$^{90}\text{Sr}$	443	180; 720	1000
$^{239+240}\text{Pu}$	189600	56360; 318310	100000

Из таблицы 2 видно, что среднее значение коэффициента распределения  $^{137}\text{Cs}$  между донными отложениями и морской водой по результатам мониторинга составило 426 л/кг. Полученный результат в 7 раз ниже справочной величины 3000 л/кг. При расчете среднего коэффициента распределения  $^{137}\text{Cs}$  в Баренцевом море было использовано 36 записей из базы данных. Коэффициент распределения  $^{239,240}\text{Pu}$  между донными отложениями и морской водой составил  $1,896 \cdot 10^5$  л/кг, что, учитывая доверительный интервал, соответствует справочной величине  $1,0 \cdot 10^5$  л/кг. Коэффициент распределения  $^{90}\text{Sr}$  между морскими донными отложениями и водой в 2 раза ниже справочной величины.

Выполнен расчет динамики коэффициентов перехода техногенных радионуклидов из воды и донных отложений в рыбу (треску) Баренцева моря (Рисунки 1 и 2).



*Рисунок 1 – Динамика изменения коэффициентов перехода радионуклидов из воды в рыбу Баренцева моря*

Из рисунка 1 видно, что коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в морской рыбе изменялись в небольшом диапазоне от 48 до 283 л/кг. Коэффициенты перехода для  $^{90}\text{Sr}$  изменялись в пределах от 3 до 23 л/кг. Коэффициенты накопления радионуклида  $^{239,240}\text{Pu}$  в рыбе изменялись от 103 до 2022 л/кг.

Из рисунка 2 видно, что коэффициенты перехода радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  из донных отложений в морскую рыбу изменились в диапазоне от 0,117 до 1,089. Для радионуклида  $^{239,240}\text{Pu}$  коэффициенты перехода изменились в пределах от 0,001 до 0,021. Значения по радионуклиду  $^{90}\text{Sr}$  находились в пределах от 0,016 до 0,156.

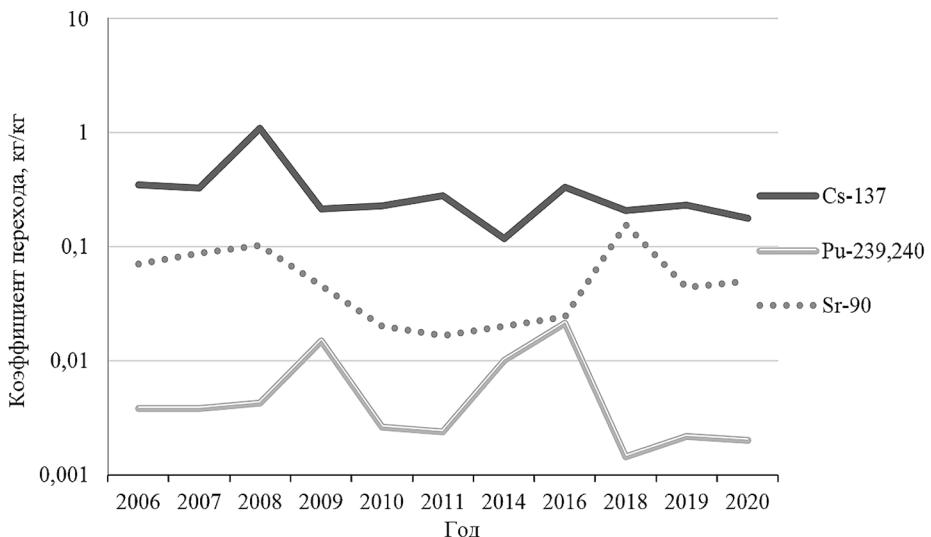


Рисунок 2 – Динамика изменения коэффициентов перехода радионуклидов из донных отложений в рыбу Баренцева моря

Из рисунков 1 и 2 видно, что на графиках динамики коэффициентов перехода из воды и донных отложений в морскую рыбу Баренцева моря не наблюдается выраженного направленного изменения, положительного или отрицательного тренда. Это может указывать на постепенное установление равновесия в распределении техногенных радионуклидов между компонентами экосистемы Баренцева моря.

Рассчитанные коэффициенты перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  из воды и донных отложений в компоненты морской среды в дальнейшем будут использоваться для расчета контрольных уровней содержания радионуклидов в воде и донных отложениях Баренцева моря, обеспечивающих радиационную безопасность морских организмов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Jensen, L.K., Steenhuisen, F., Standring, W., et al. Monitoring of radioactivity in the Arctic. In: AMAP Assessment 2015: Radioactivity in the Arctic. Oslo, AMAP, 2016, p. 35 – 57.
2. Gwynn, J.P., Nikitin, A.I., Shershakov, V.M. et al. Main results of the 2012 joint Norwegian – Russian expedition to the dumping sites of the nuclear submarine K-27 and solid radioactive waste in Stepovogo Fjord, Novaya Zemlya. Journal of Environmental Radioactivity, 2016, Vol. 151, p. 417 – 426.
3. Kryshev, A.I., Sazykina, T.G. Comparative analysis of doses to aquatic biota in water bodies impacted by radioactive contamination. Journal of Environmental Radioactivity, 2012, Vol. 108, p. 9 – 14.
4. Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment. IAEA Technical Reports Series No. 422. IAEA, Vienna, 2004.

## ОНТОГЕНЕЗ ТУИ ЗАПАДНОЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ONTOGENESIS OF TUI OCCASTERNA UNDER URBAN ENVIRONMENT

**R. С. Бондарук<sup>1,2</sup>, И. Э. Бученков<sup>1,2</sup>, В. О. Лемешевский<sup>1,2</sup>**  
**R. S. Bondaruk<sup>1,2</sup>, I. E. Butchenkov<sup>1,2</sup>, V. O. Lemiasheuski<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, БГУ

<sup>2</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

Минск, Республика Беларусь

*giv@iseu.by*

<sup>1</sup>Belarusian State University, BSU

<sup>2</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU  
Minsk, Republic of Belarus

Городская среда отличается своеобразием экологических факторов, специфичностью техногенных воздействий, приводящих к значительной трансформации окружающей среды. Растения являются основным фактором экологической стабилизации городской среды благодаря своей жизнедеятельности, и, прежде всего, фотосинтезу и способности к аккумуляции загрязняющих веществ. Цель работы – изучение онтогенеза