

Заключение

1. Экологически безопасным методом, соответствующим принципам “зелёной химии”, синтезированы два 8-азациклических аналога стероидов.
2. Структура полученных соединений подтверждена данными ИК, УФ, ^1H ЯМР спектров и элементного анализа.
3. Синтезированные 8-азастероиды 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-азастероидов веществ с гербицидной, инсектицидной и фунгицидной активностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Iqbal, I. 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. Mikhail'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[ф]хинолизинов / А.А. Ахрем, А.М. Мойсеев, 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 β -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. Гулякевич, О.В. Енаминодикетоны. Аннелирование циклических оснований Шиффа 2-(1-аминоэтилиден)-1,3-циклогександионами / О.В. Гулякевич, 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

Н. А. Росновская¹, А. И. Крышев¹

N. A. Rosnovskaya¹, A. I. Kryshev¹

¹Научно-производственное объединение «Тайфун», г. Обнинск, Российская Федерация

¹Research 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}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ из воды и донных отложений в референтные организмы. Коэффициенты перехода ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr в рыбу 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}Cs между водой и донными отложениями составил 426 л/кг; по $^{239,240}\text{Pu}$ 189600 л/кг; по ^{90}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}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ from water and bottom sediments to reference organisms. The transition coefficients of ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}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}Cs between water and bottom sediments was 426 l/kg; by $^{239,240}\text{Pu}$ 189600 l/kg; ^{90}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*), двусторчатый моллюск – мидия (*Mytilus edulis*), морское млекопитающее – гренландский тюлень (*Pagophilus groenlandicus*), водное растение – фукус 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}Cs , ^{90}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%), T1, T2	Коэффициент перехода из литературных источников [2], л/кг
Рыба	^{137}Cs	93	76; 129	100
	^{90}Sr	12	10; 27	3
	$^{239+240}\text{Pu}$	262	197; 1000	100
Моллюски	^{137}Cs	51	26; 258	60
	^{90}Sr	21	7; 56	10
	$^{239+240}\text{Pu}$	1180	912; 4333	3000
Водные растения	^{137}Cs	69	58; 76	50
	^{90}Sr	19	10; 31	10
	$^{239+240}\text{Pu}$	732	449; 1724	4000
Морские млекопитающие	^{137}Cs	63	36; 86	210
	^{90}Sr	14	1; 26	2
	$^{239+240}\text{Pu}$	222	111; 333	280

Из таблицы 1 видно, что среднее значение коэффициента перехода ^{137}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}Sr в рыбу Баренцева моря в 4 раза выше справочной величины. Все результаты оценки коэффициентов перехода радионуклидов ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr в морской рыбе можно считать достоверными и статистически обеспеченными.

Коэффициент перехода радионуклида ^{137}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}Sr в моллюсков Баренцева моря в 2 раза выше справочной оценки.

Коэффициент перехода ^{137}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}Sr в водоросли Баренцева моря составил 19 л/кг, что в 2 раза выше справочной величины.

Коэффициент перехода ^{137}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}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}Cs из воды в биоту Баренцева моря, в основном оказались сходны со справочными величинами, тогда как коэффициенты перехода ^{90}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}Cs	426	362; 640	3000
^{90}Sr	443	180; 720	1000
$^{239+240}\text{Pu}$	189600	56360; 318310	100000

Из таблицы 2 видно, что среднее значение коэффициента распределения ^{137}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}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}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).

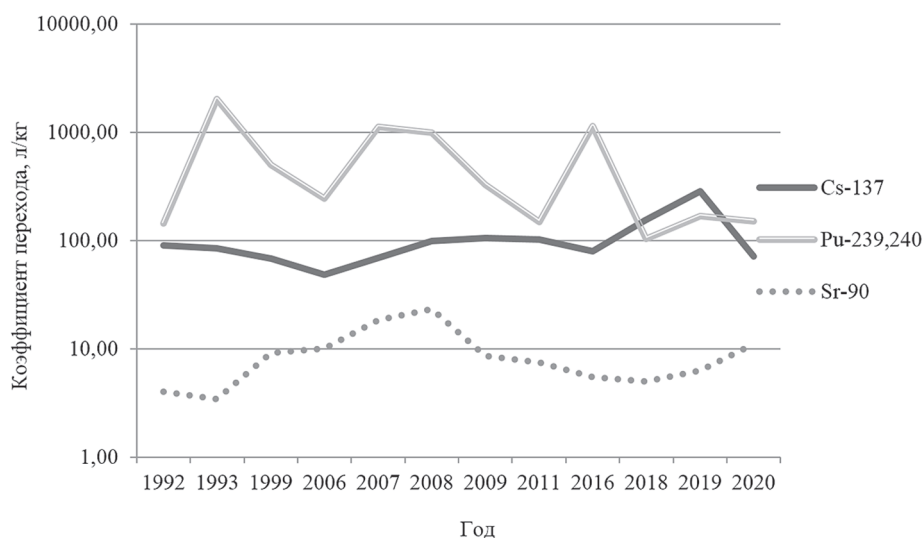


Рисунок 1 – Динамика изменения коэффициентов перехода радионуклидов из воды в рыбу Баренцева моря

Из рисунка 1 видно, что коэффициенты перехода ^{137}Cs в морской рыбе изменялись в небольшом диапазоне от 48 до 283 л/кг. Коэффициенты перехода для ^{90}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}Cs из донных отложений в морскую рыбу изменялись в диапазоне от 0,117 до 1,089. Для радионуклида $^{239,240}\text{Pu}$ коэффициенты перехода изменялись в пределах от 0,001 до 0,021. Значения по радионуклиду ^{90}Sr находились в пределах от 0,016 до 0,156.

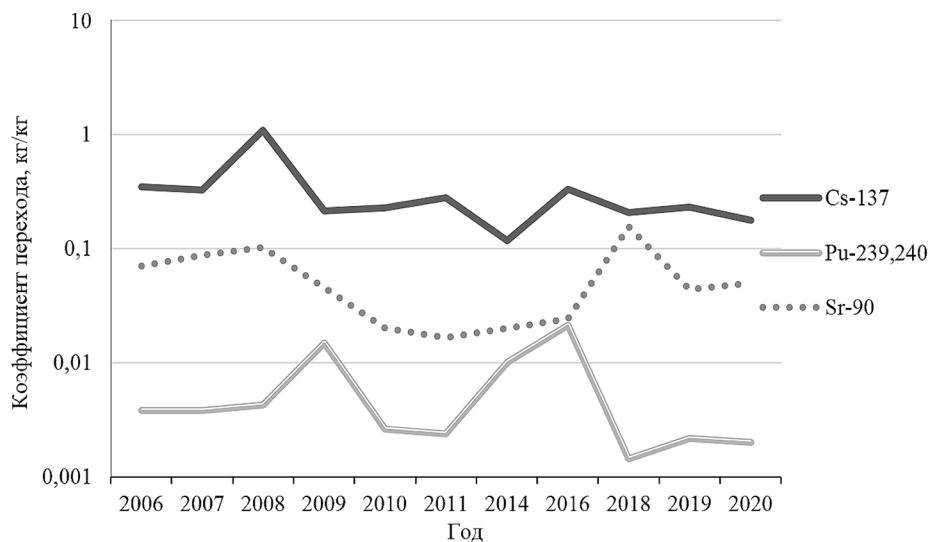


Рисунок 2 – Динамика изменения коэффициентов перехода радионуклидов из донных отложений в рыбу Баренцева моря

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}Cs , ^{90}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

Р. С. Бондарук^{1,2}, И. Э. Бученков^{1,2}, В. О. Лемешевский^{1,2}

R. S. Bondaruk^{1,2}, I. E. Butchenkow^{1,2}, V. O. Lemiasheuski^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
Минск, Республика Беларусь
giv@iseu.by

¹Belarusian State University, BSU

²International 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