

УДК 556: 574.52: 57.044

СОДЕРЖАНИЕ ^{137}Cs И ^{40}K В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И РЫБАХ Р. ИРТЫШ И Р. ТОБОЛ

Алимова Г.С., Уткина И.Н.

ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук (ТКНС УрО РАН)», Тобольск, e-mail: gulsem76@mail.ru

Проведен гамма-спектрометрический анализ в образцах донных отложений и мышечных тканей наиболее массовых видов рыб, отобранных в р. Иртыш и р. Тобол (район устья), определено количественное содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K . В результате исследования получена современная характеристика количественного состава техногенного и природного радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K в гидробионтах (рыбное население) и абиотических компонентах (донные отложения) р. Иртыш и р. Тобол. Соотношение природного и техногенного радионуклидов ^{40}K и ^{137}Cs в тканях рыб варьировало в пределах от 13:1 до 1780:1 соответственно. Определены максимальные показатели удельной активности ^{137}Cs в теле рыб хищных видов – *Esox lucius* L., *Perca fluviatilis* L., среди «мирных» видов рыб наибольшая удельная активность радионуклида зафиксирована в тканях *Leuciscus idus* L.

Ключевые слова: донные отложения, р. Иртыш, р. Тобол, ихтиофауна, радионуклиды

CONTENTS ^{137}Cs AND ^{40}K IN BOTTOM SEDIMENTS AND IN FISHES OF R. IRTYSH AND R. TOBOL

Alimova G.S., Utkina I.N.

Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (TCSS UB RAS), Tobolsk, gulsem76@mail.ru

Spend a gamma-spectrometric analysis in sediment samples and muscle tissue of most abundant fish species in the selected district r. Irtysh and r. Tobol (near the mouth), to quantify the content of ^{137}Cs and ^{40}K . The study received a modern characteristic quantitative composition of man-made and natural radionuclide's ^{137}Cs and ^{40}K in aquatic organisms (fish population) and abiotic components (sediment) r. Irtysh and r. Tobol. The ratio of natural and man-made radionuclide's ^{40}K and ^{137}Cs in fish tissues vary from 13: 1 to 1780: 1, respectively. Determine the maximum performance of specific ^{137}Cs activity in the body of the fish prey species – *Esox lucius* L., *Perca fluviatilis* L., including «peaceful» fish species highest specific activity of a radionuclide in tissues fixed *Leuciscus idus* L.

Keywords: sediments, r. Irtysh, r. Tobol, fish fauna, radionuclide's

Ионизирующая радиация превратилась в постоянно усиливающийся фактор внешней среды, воздействующий на все живое. Водная экосистема рек Иртыш – Тобол находится в зоне риска радиационного воздействия, так как на территории р. Теча (Уральский регион), входящая в речную систему Теча-Исеть-Тобол-Иртыш, расположено производственное объединение «Маяк», где в 1949-1951, 1957 и 1967 годах произошли три тяжелейшие радиационные катастрофы. Также, в настоящее время в Уральском регионе функционируют 8 ядерных реакторов, 6 мощных центров по переработке радиоактивных материалов, 6 центров по захоронению ядерных отходов [9].

Разработке методологических подходов к исследованию миграции радионуклидов в биогеоценозах, посвящены многие научные работы [1, 4, 8, 9].

На сегодняшний день подробно представлены радиоэкологические исследования водных систем Уральского региона, северной части Тюменского региона

(река Обь), но недостаточно работ, направленных на изучение накопления и распределения радиоактивных веществ в основных компонентах гидробиоценозов водной системы реки Иртыш [9, 10].

В современных условиях актуальны исследования по миграции радионуклидов в крупных биогеоценозах, каким является водная система Иртыша. Р. Иртыш является крупнейшей рекой Западной Сибири. В её бассейне сосредоточена значительная часть населения Тюменского региона, она является основной транспортной артерией, главным источником питьевого и хозяйственного водоснабжения, промыслового и любительского рыболовства [10].

Известно, что по сравнению с водой донные отложения могут быть более информативным источником информации о внешнем воздействии в конкретном районе, поскольку перемещаются с гораздо меньшей скоростью, чем водные массы [5].

Рыбное население рек активно аккумулируют радионуклиды и другие токси-каны в первую очередь, из воды, донных

отложений, кормовых гидробионтов [2, 5]. Следует отметить, что в Тюменском регионе, для населения, расположенного в пойме системы рек Иртыш – Тобол (деревни, поселки и т.п.), рыба является одним из основных источников питания. А, следовательно, и одним из наиболее значимых путей поступления радионуклидов по пищевой цепочке в организм человека.

Объектом исследования являются донные отложения, ихтиофауна рек Иртыша и Тобола (в районе устья).

Цель работы – провести радиоэкологическое исследование на содержание природного и естественного радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K в мышечных тканях наиболее массовых видов рыб речной системы Иртыш – Тобол, получить современные данные о содержании ^{137}Cs в донных отложениях реки Иртыш и устья р. Тобол.

В процессе работы проведен отбор и пробоподготовка образцов проб пойменных почв, донных отложений, видового состава ихтиофауны рек Иртыша и Тобола (в районе устья). В результате гамма-спектрометрического анализа в исследуемых образцах проб было определено количественное содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K и получена современная характеристика количественного состава техногенного и природного радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K в гидробионтах (рыбное население) и абиотических компонентах (донные отложения) реки Иртыш.

Материалы и методы исследования

В 2015 году в период весенне-летнего половодья (май – август) проведены экспедиционные работы по отбору донных отложений и рыбного населения в р. Иртыш и устье р. Тобол в пяти створах:

створ 1 – р. Иртыш, 865 – 868 км (д. Вторые Салы, верхнее течение р. Иртыш, Тюменская область);

створ 2 – р. Иртыш, 630 – 633 км (д. Дурынина, до слияния с р. Тобол, Тобольский район, Тюменская область);

створ 3 – устье р. Тобол, 5 км (д. Медянки, Тобольский район, Тюменская область);

створ 4 – р. Иртыш, 340 – 343 км (д. Ишик, после слияния с р. Тобол, Уватский район, Тюменская область);

створ 5 – р. Иртыш, 537 – 541 км (НИС «Миссия», после слияния с р. Тобол, Уватский район, Тюменская область).

Лов рыбы осуществляли сотрудники лаборатории водных экосистем ТХНС УрО РАН ставными и плавными разноячейными сетями ячеей 24-38 мм 5-ти метровыми отрезками, с шагом ячеей 2 мм, длина ставной сети – 40 м, длина плавной сети – 60 м, высота – 2 м.

Отбор образцов проб донных отложений проведен из верхнего слоя до глубины 10 см с помощью специального пробоотборника с площадью сечения 36 см² с левого и правого берега р. Иртыш и устья

р. Тобол [3]. На станциях 2, 3 и 5 взяты по три объединенные пробы донных отложений.

Методики пробоподготовки и гамма-спектрометрического анализа исследуемых образцов приведены в [3, 9]. Сотрудниками лаборатории радиоэкологии ТХНС УрО РАН определено содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K в исследуемых образцах проб на цифровом многоканальном анализаторе DSPEC-jr-2.0-POSGE с программным обеспечением Gamma Vision-32 и с коаксиальным ОЧГ детектором гамма-излучения Р-типа, модель ORTEC GEM 40-R4. Нижний предел обнаружения для данного спектрометра составляет 0.01 Бк, а ошибка счета не превышает 15 %.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2015 году было отобрано 1811 проб наиболее массовых видов рыб: щука (*Esox lucius* L.), окунь (*Perca fluviatilis* L.), налим (*Lota lota* L.), язь (*Leuciscus idus* L.), плотва (*Rutilus rutilus* L.), лещ (*Abramis brama* L.) и судак (*Lucioperca lucioperca* L.) (табл. 1).

Проведен сравнительный анализ накопления ^{137}Cs и ^{40}K в тканях рыб на разных участках рек Иртыша и Тобола. Результаты определения содержания данных радионуклидов в рыбе представлены в табл. 1.

В верхнем течении Иртыша (створ 2) наблюдался скачок концентрации ^{137}Cs до 61,3 Бк/кг сырого веса в мышечной массе *Esox lucius* L. по средней величине отобранных проб. В осенний период 2015 года было установлено резкое увеличение удельной активности ^{137}Cs в тканях промысловых видов рыб, отловленных в створе 2. Удельная активность ^{137}Cs в мышечной массе *Leuciscus idus* L. составила 1,6 Бк/кг сырого веса, что почти в 8 раз выше показателей 2013-2014 гг., когда удельная активность составляла около 0,2 Бк/кг сырого веса [6, 7]. Удельная активность ^{137}Cs в тканях *Lota lota* L. в 2014, 2013 и 2012 г. была 2,3, 0,2 и 0,3 соответственно, а в 2015 г. она сохраняется на отметке 2,31 Бк/кг сырого веса [6, 7].

Максимальные значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs были отмечены среди хищных видов рыб (*Esox Lucius* L. и *Perca fluviatilis* L.) – 0,54 ... 0,92 Бк/кг сырого веса. Представители «мирных» видов рыб характеризовались более низкими уровнями накопления этого радионуклида – минимальные значения зафиксированы у особей *Abramis brama* L. – 0,07 Бк/кг сырого веса, а максимальные в тканях *Leuciscus idus* L. – 0,26 Бк/кг сырого веса.

У рыб, отобранных на р. Тобол (створ 3) минимальные значения удельной активности ^{137}Cs были отмечены в тканях *Esox lucius* L. – 0,04 Бк/кг с.м., а максимальные в тканях *Rutilus rutilus* L. – 0,63 Бк/кг с.м.

Таблица 1

Содержание ^{137}Cs и ^{40}K в наиболее массовых видах рыб водной системы рек Иртыш – Тобол (в Бк/кг сырого веса, $\pm$ среднеквадратичное отклонение)

Створ	Вид рыбы	^{137}Cs	^{40}K
створ 1	Язь	$0,10 \pm 0,05$	178 ± 2
	Плотва	$0,15 \pm 0,05$	185 ± 2
	Окунь	$0,54 \pm 0,08$	191 ± 1
	Щука	$0,92 \pm 0,10$	178 ± 7
	Лещ	$0,09 \pm 0,05$	189 ± 2
	Судак	$0,19 \pm 0,06$	200 ± 8
створ 2	Язь	$1,60 \pm 0,13$	192 ± 8
	Щука	$61,3 \pm 1,7$	206 ± 9
	Налим	$2,31 \pm 0,16$	201 ± 9
створ 3	Язь	$0,13 \pm 0,06$	195 ± 8
	Плотва	$0,63 \pm 0,13$	8 ± 5
	Щука	$0,04 \pm 0,04$	180 ± 2
	Лещ	$0,19 \pm 0,11$	195 ± 3
	Судак	$0,37 \pm 0,09$	203 ± 9
створ 4	Язь	$0,26 \pm 0,05$	192 ± 8
	Щука	$0,61 \pm 0,09$	198 ± 8
	Лещ	$0,07 \pm 0,03$	21 ± 2
створ 5	Язь	$0,18 \pm 0,07$	176 ± 7
	Лещ	$0,09 \pm 0,06$	195 ± 2

Таблица 2

Содержание ^{137}Cs в донных отложениях системы рек Иртыш-Тобол ($\pm$ среднеквадратичное отклонение)

Створ	Берег	Концентрация ^{137}Cs , Бк/кг
2	левый	$0,11 \pm 0,03$
	правый	$< 0,03$
3	левый	$0,25 \pm 0,05$
	правый	$0,26 \pm 0,08$
5	левый	$0,21 \pm 0,02$
	правый	$0,11 \pm 0,04$

В целом, как в верхнем течении, так и в нижнем течении р. Иртыш в отловленных образцах рыб содержание ^{137}Cs варьировало в пределах $0,10 \dots 2,31$ Бк/кг сырого веса.

Различия в накоплении ^{137}Cs разными видами рыб можно объяснить их видовыми особенностями и свойствами поедаемого корма [9].

Концентрация ^{40}K доходила до двух сотен Бк/кг сырого веса в мышечной массе практически во всех исследуемых видах рыб. Минимальные концентрации ^{40}K выявлены только в *Rutilus rutilus* L. – не более 8 Бк/кг сырого веса. Соотношение природного и техногенного радионуклидов ^{40}K и ^{137}Cs в тканях рыб составило от 13:1 до 1780:1 соответственно.

В табл. 2 приведены данные по содержанию ^{137}Cs в донных отложениях рек Тобол и Иртыш. Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях системы рек Иртыш-Тобол не превышает 0,26 Бк/кг грунтов.

Выводы

1. Радиозэкологический мониторинг наиболее массовых видов рыб на разных участках рек Иртыша и Тобола, проведенный в 2015 году, не выявил превышения удельной активности ^{137}Cs над предельно допустимым уровнем (ПДУ) для рыбной продукции, принятым в Российской Федерации (130 Бк/кг) [9].

2. В процессе исследований с 2000 по 2015 гг. была подтверждена специфика накопления ^{137}Cs в тканях рыб, принадлежащих к разным трофическим уровням: максимальные показатели удельной активности ^{137}Cs в теле рыб характерны для хищных видов – щуки и окуня; среди «мирных» видов рыб максимальная удельная активность радионуклида зафиксирована в тканях язя.

3. Соотношение природного и техногенного радионуклидов ^{40}K и ^{137}Cs в тканях рыб варьировало в пределах от 13:1 до 1780:1 соответственно.

4. Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях системы рек Иртыш-Тобол не превышает 0,26 Бк/кг грунтов.

5. Несмотря на низкую удельную активность ^{137}Cs в объектах рек Иртыш и Тобол в настоящее время, наличие на водосборной территории бассейна производственного объединения «Маяк» и других предприятий ядерно-топливного комплекса требует постоянного радиоэкологического мониторинга, как для контроля загрязнения рыбных ресурсов, так и для оценки радиоэкологического риска для населения.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы по теме: «Миграционные процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обь-Иртышского бассейна» (№ государственной регистрации 116020510088).

Авторы выражают искреннюю благодарность профессору, доктору биологических наук Тестову Б.В. за научное руководство при проведении исследований.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Химические элементы и механизм земной коры // Природа. – 1922. – № 3-5. – С. 31–40.
2. Гидрохимия поверхностных вод и видовой состав макрозообентоса нижнего течения р. Иртыш / Г.С. Алимова [и др.] // Вода: химия и экология. – 2014. – № 5. – С. 27–34.
3. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – Введ. 1982-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 7 с.
4. Радиоэкологическое исследование почвенного покрова Восточно-Уральского государственного заповедника и сопредельных территорий / Л.Н. Михайловская [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2011. – Т. 51, № 4. – С. 476–482.
5. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов / [А.А. Кленкин и др.] // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35, № 1. – С. 88–92.
6. Тестов Б.В., Волощук В.В., Уткина И.А., Мироненко А.Н. Вклад в дозу облучения естественных и искусственных радионуклидов // Тобольск научный-2013: тезисы докл. X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. (Тобольск, 25-26 окт. 2013 г.). – Тобольск, 2013. С. 47–50.
7. Тестов Б.В. Содержание калия-40 в грунте и рыбе Тобол-Иртышского речного бассейна / Тобольск научный-2014: тезисы докл. XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. (Тобольск, 7-8 нояб. 2014 г.). Тобольск, 2014. – С. 20–22.
8. Тимофеев-Ресовский Н.В. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоэкологии // Ботанический журнал. – 1957. – Т. 42. № 2. – С. 161–194.
9. Трапезников А.В. Пресноводная радиоэкология / А.В. Трапезников, В.Н. Трапезникова. – Екатеринбург: Изд-во «АкадемНаука», 2012. – 544 с.
10. Экология рыб Обь-Иртышского бассейн / под научной ред. акад. Д.С. Павлова, д.б.н. А.Д. Мочка. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 596 с.