

МОНИТОРИНГ ЗА СОДЕРЖАНИЕМ РАДИОНУКЛИДОВ  
У ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В АНТРОПОГЕННЫХ  
МЕСТООБИТАНИЯХ

© 2012 Е.А. Алябышева, О.Л. Воскресенская, В.С. Воскресенский

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

Поступила в редакцию 10.05.2012 г.

В статье отражены результаты мониторинговых исследований по содержанию и накоплению природных и техногенных радионуклидов в водных растениях, произрастающих в реке Малая Кокшага, протекающей по территории г. Йошкар-Олы. Отмечено, что элодея канадская и рдест пронзеннолистный, характеризуются неодинаковым содержанием исследуемых радиоэлементов в зависимости от мест взятия проб. У растений, произрастающих ниже сброса сточных вод с ОСК г. Йошкар-Олы, отмечается более высокий уровень содержания естественных радионуклидов ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ).

Ключевые слова: антропогенное загрязнение, природные ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) радионуклиды, рдест пронзеннолистный, река Малая Кокшага, техногенные ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) радионуклиды, элодея канадская

Одним из основных вопросов современности является вопрос о воздействии радиации на окружающую среду. В биосфере повсюду есть естественные источники радиоактивности, и все живые организмы подвергаются естественному облучению. На протяжении последних лет проблема загрязнения радионуклидами привлекает к себе внимание общественности. Это происходит потому, что все более возрастает роль атомной энергетики, и возникают проблемы по переработке и хранению ядерных отходов, техногенных выбросов, содержащих радионуклиды. Особенно опасные для жизнедеятельности живых организмов являются долгоживущие, особо токсичные радионуклиды, такие как стронций-90, цезий-137 и др. [1, 3]. До настоящего времени мало изучено загрязнение радионуклидами водных экосистем и избирательное накопление радиоизотопов отдельными компонентами водоема. Водные растения играют важную роль в миграции радионуклидов в водной среде и являются основным звеном пищевой цепи, по которой радиоактивные вещества могут попадать из гидросферы в организм человека.

**Цель работы:** определить содержание природных и техногенных радионуклидов в высших водных растениях, произрастающих в реке Малая Кокшага, протекающей по территории г. Йошкар-Ола.

Алябышева Елена Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии. E-mail: e\_alab@mail.ru

Воскресенская Ольга Леонидовна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой экологии. E-mail: voskres2006@rambler.ru

Воскресенский Владимир Станиславович, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры экологии. E-mail: woron-69@rambler.ru

**Методы исследования.** Исследования по изучению высших водных растений: элодеи канадской (*Elodea canadensis* Michx) сем. *Hydrocharitaceae* и рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.) сем. *Potamogetonaceae* проводили в 2010-2011 гг. Вниз по течению реки Малая Кокшага, протекающей по территории г. Йошкар-Олы, были выбраны пять постов наблюдения: пляж «ГАИ»; пляж «Электрон»; пляж «Центральный»; микрорайон «Ширяйково»; 500 м ниже сброса сточных вод с очистных сооружений канализации (ОСК) г. Йошкар-Олы. Исследования по изучению радиоактивности проводились в аккредитованной лаборатории «Висан» Марийского государственного университета. В работе использовался компьютеризированный гамма-, бетта-спектрометрический комплекс (сцинтилляционный блок детектирования NaI) с программным обеспечением «Прогресс-2000» [5]. Экспериментальный материал был обработан статистически.

**Результаты.** Общие закономерности радиационного воздействия на растительные организмы подробно рассмотрены в фундаментальном издании Д.М. Гродзинского «Радиобиология растений» [2], однако достаточно мало работ по изучению содержания радионуклидов в высших водных растениях. Известно, что водные организмы способны накапливать радионуклиды. Радионуклиды, попавшие в водную среду, неравномерно распределяются как по объему воды, так и в донных отложениях. В илистом дне содержание радионуклидов во много раз больше, чем в песчаном дне [7]. Степень накопления радионуклидов растительными организмами широко колеблется даже у одних и тех же видов в зависимости от минерализации воды, химических свойств радионуклида и других

экологических условий. В накоплении некоторых радионуклидов большую роль играет свет и температура воды [4].

Нами были проведены исследования на содержание радионуклидов естественного ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и техногенного ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) происхождения в листьях двух видов гидрофитов. По данным И.И. Крышева и Е.П. Рязанцева (1991) суммарная активность искусственных радионуклидов в водных растениях составляет в среднем 30% активности естественного радионуклида  $^{40}\text{K}$  [3].  $\beta$ -активность воды и водных растений в основном обуславливается  $^{40}\text{K}$ , так как он содержится во всех компонентах биосферы в относительно больших концентрация [6]. Как показали результаты нашей работы (рис. 1) содержание радиоактивного калия у исследуемых растений колеблется в пределах от 50 до 500 Бк/кг в зависимости от места произрастания. При этом наибольшее содержание  $^{40}\text{K}$  отмечается у особей, произрастающих в районе ОСК, и составляет у элодеи канадской – 442 Бк/кг, у рдеста пронзеннолистного – 540 Бк/кг. Растения, произрастающие выше по течению реки, характеризовались меньшим содержанием  $^{40}\text{K}$  в ассимиляционных органах (45-80 Бк/кг).

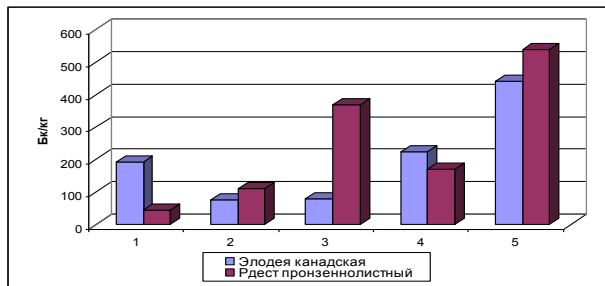


Рис. 1. Содержание радионуклида  $^{40}\text{K}$  в высших водных растениях:

здесь и далее: 1 – пляж «ГАИ», 2 – пляж «Электрон», 3 – пляж «Центральный», 4 – м-н «Ширяйково», 5 – 500 м ниже сброса сточных вод с ОСК г. Йошкар-Олы

В природные воды радий переходит за счет процессов адсорбционного обмена, диффузионного выщелачивания пород и извлечения из некоторых растительных остатков. Известно, что некоторые растения способны накапливать радий в повышенных количествах. Исследования естественного радионуклида  $^{226}\text{Ra}$  в элодее канадской и рдесте пронзеннолистном показали, что вниз по течению реки, содержание данного радионуклида возрастает (рис. 2). Наибольшее содержание  $^{226}\text{Ra}$  зафиксировано в листьях растений, произрастающих в районе ОСК, и составило 112 Бк/кг у *E. canadensis* и 87 Бк/кг у *P. perfoliatus*. Более активным накопителем естественного радионуклида  $^{226}\text{Ra}$  является элодея канадская.

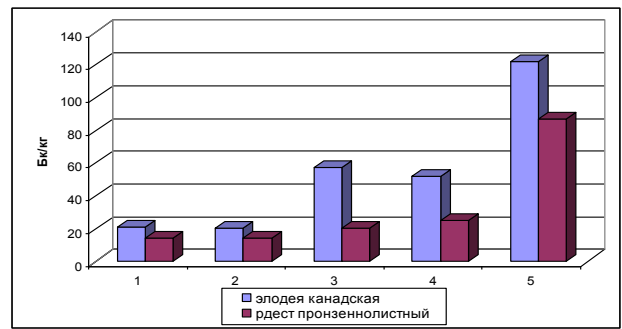


Рис. 2. Содержание радионуклида  $^{226}\text{Ra}$  в листьях макрофитов

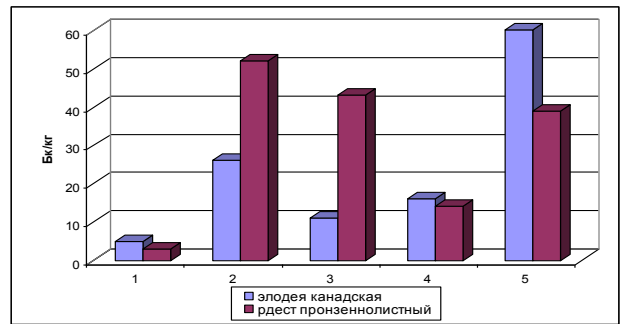


Рис. 3. Содержание радионуклида  $^{232}\text{Th}$  в листьях макрофитов

Известно, что растения легко поглощают растворимые соединения  $^{232}\text{Th}$ . Для тория установлен «пороговый эффект», видовые и географические различия в накоплении. При исследовании содержания радионуклида  $^{232}\text{Th}$  в листьях макрофитов было выявлено (рис. 3), что для элодеи канадской характерно увеличение содержания радионуклида в районе пляжа «Электрон» (23 Бк/кг) и ОСК (58 Бк/кг). Для рдеста пронзеннолистного наибольшее содержание данного радионуклида зарегистрировано в районе пляжей «Электрон» (52 Бк/кг) и «Центральный» (43 Бк/кг).

В настоящее время в связи с развитием атомной промышленности, испытаниями ядерного оружия и радиационными авариями значительная часть нашей планеты в той или иной степени загрязнена радионуклидами. Выпавшие в результате глобальных переносов радионуклиды, становятся неотъемлемой техногенной составляющей практически всех ландшафтов, в том числе и водных экосистем [7]. Из техногенных радионуклидов нами были изучены цезий-137 и стронций-90. Цезий-137 – один из основных дозобразующих радионуклидов среди продуктов деления в глобальных радиоактивных выпадениях. В морской воде около 70%  $^{137}\text{Cs}$  находится в ионной форме, около 23% в адсорбированном состоянии на взвешях и 7% – в коллоидах. Он слабо удерживается в воде и не накапливается в гидробионтах, но хорошо сорбируется донными отложениями. Результаты нашей работы показали, что максимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в листьях элодеи канадской отмечалось на участке в районе жилого микрорайона «Ширяйково» и составило 49 Бк/кг. На этом посту в ассимиляционных

органах *E. canadensis*  $^{137}\text{Cs}$  накапливалось в 8-10 раз больше, чем у *P. perfoliatus* (рис. 4). Увеличение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в рдесте пронзеннолистном отмечалось в районе пляжа «Центральный» и составило 22 Бк/кг.

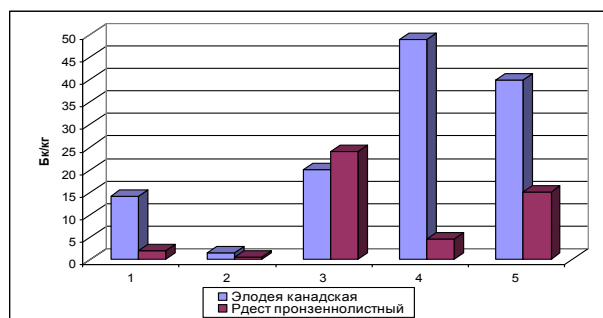


Рис. 4. Содержание радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в листьях гидрофитов

При попадании в воду  $^{90}\text{Sr}$  распределяется между водой и взвешенным веществом, почти не концентрируется в водорослях, в донных отложениях накапливается незначительно. Техногенный радионуклид  $^{90}\text{Sr}$  в листьях высших водных растений, произрастающих в бассейне реки Малая Кокшага в черте г. Йошкар-Олы ни на одном посту наблюдения нами не был выявлен. Таким образом, в результате проведенных исследований впервые было показано распределение радиоактивных элементов в высших водных растениях, произрастающих в антропогенно-измененной среде (река Малая Кокшага в черте г. Йошкар-Ола). Аккумуляция радионуклидов в листьях исследуемых растений имеет видоспецифический характер.

#### Выводы:

1. Элодея канадская и рдест пронзеннолистный больше всего аккумулируют естественный радионуклид  $^{40}\text{K}$ . Техногенный радионуклид  $^{137}\text{Cs}$  накапливается главным образом в листьях

элодеи канадской;  $^{90}\text{Sr}$  не обнаружен у исследуемых высших водных растений.

2. Анализируя изменение содержания радионуклидов у гидрофитов, произрастающих на постах наблюдения по направлению вниз по течению реки Малая Кокшага в черте г. Йошкар-Олы, следует отметить, что наименьшее содержание естественных радионуклидов отмечается в районе пляжа «ГАИ». Наиболее высокий уровень содержания естественных ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и техногенного ( $^{137}\text{Cs}$ ) радионуклидов зафиксирован в районе 500 м ниже места сброса сточных вод с очистных сооружений канализации г. Йошкар-Олы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Темплан НИР ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет» на 2010-2012 гг.)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воскресенский, В.С. Влияние факторов городской среды на функциональное состояние древесных растений. Монография / В.С. Воскресенский, О.Л. Воскресенская. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. 195 с.
2. Гродзинский, Д.М. Радиобиология растений. – Киев: Наукова Думка, 1989. 300 с.
3. Крышев, И.И. Атомная энергетика и биосфера / И.И. Крышев, Е.П. Рязанцев // Вестник АН СССР. 1991. №2. С. 52.
4. Лукина, Л.Ф. Физиология высших водных растений / Л.Ф. Лукина, Н.Н. Смирнова. – Киев: Наукова думка, 1998. 184 с.
5. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс». – М.: ГП ВНИИФТРИ, 1996. 38 с.
6. Перцов, Л.А. Биологические аспекты радиоактивного загрязнения моря. – М.: Атомиздат, 1978. 160 с.
7. Фомин, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – М.: Прогресс, 1995. 848 с.

## MONITORING THE RADIONUCLIDES CONTENT AT HIGHEST WATER PLANTS IN ANTHROPOGENOUS HABITATS

© 2012 E.A. Alyabysheva, O.L. Voskresenskaya, V.S. Voskresenskiy

Mari State University, Ioshkar-Ola

In article results of monitoring researches on the contents and accumulation of natural and technogenic radionuclides in water plants growing in the river Small Kokshaga, flowing on the territory of Ioshkar-Ola city are reflected. It is noted that elodeya Canadian and pondweed, are characterized by the unequal maintenance of studied radioelements depending on sampling places. At the plants growing below dumping of sewage from OSK of Ioshkar-Ola city, level of natural radionuclides ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) content is noted by higher.

Key words: anthropogenous pollution, natural ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) radionuclides, pondweed, river Small Kokshaga, technogenic ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) radionuclides, elodeya Canadian