

УДК 574.41.5:539.163

*В. Г. Сикорский, М. Ф. Грицанок***РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ НЕСВИЧ  
В БЕЛОРУССКОМ СЕКТОРЕ ЗОНЫ ЧАЭС****Введение**

Авария на ЧАЭС привела к радиоактивному загрязнению обширных регионов юго-востока Беларуси. Наиболее сильному воздействию подвергся участок бассейна реки Припять в пределах зоны отчуждения ЧАЭС [1]. Поэтому особую актуальность приобрела проблема изучения миграции радионуклидов в водных экосистемах, их способности депонироваться в биоте, вызывая тем самым хроническое радиационное воздействие на живые организмы. Это будет способствовать прогнозированию последствий радиационного загрязнения для водных экосистем и обитающих в них живых организмов [2].

Радиоэкологические исследования проведены на весьма ограниченном числе водоемов белорусского сектора зоны ЧАЭС. При этом непрерывный ряд наблюдений, начиная с момента аварии, имеется лишь для озера Персток и затоки Припяти у паромной переправы вблизи дер. Красноселье (оба в Хойникском районе) [3]. Этого, очевидно, недостаточно, учитывая отмечаемую многими исследователями высокую мозаичность радиоактивного загрязнения территории зоны ЧАЭС [4], а также процессы миграции радионуклидов [5, 6], что может способствовать формированию «горячих» точек в водных экосистемах по  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Поскольку радиационное загрязнение в зоне ЧАЭС в ближайшие 10–20 лет сохранится на высоком уровне, актуальным является расширение списка мониторинговых водоемов, в первую очередь за счет водоемов с иным гидрологическим режимом в других участках зоны ЧАЭС.

Целью работы явилась оценка радиоактивного загрязнения участка реки Несвич вблизи отселенной деревни Кулажин (Брагинский р-н) и его биоты. Эта территория относится к числу самых загрязненных в белорусском секторе зоны ЧАЭС, однако радиоэкологические исследования на ее водоемах проводились в первые годы после аварии эпизодически. [7].

**Объект и методы исследований**

Река Несвич, правый приток впадающей в Припять р. Брагинка, на всем протяжении протекает по территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника; ее длина – 37 км, площадь водосбора – 489 км<sup>2</sup>. Долина не выражена, пойма в среднем течении двусторонняя, шириной 0,2–0,4 км [7]. Канализированный на протяжении 24 км участок русла реки в верхнем и среднем течении (выше дер. Кулажин) носит также название Радинский канал. Местом отбора проб избран участок реки вблизи моста на восточной окраине дер. Кулажин (рис. 1), где аналогичные сборы выполнялись ранее [7]. Его географические координаты – 51°33.103' с. ш.; 030°13.051' в. д., расстояние по прямой от ЧАЭС – около 19 км.

Исследования проведены в июле 2005 г. На верхней прибрежной террасе реки на уровне 1,5 м от поверхности почвы определены уровни экспозиционных доз  $\gamma$ -излучения. На высоте 2–3 см над водной поверхностью у уреза воды и на расстоянии 1 м от береговой линии к центру водоемов определены уровни экспозиционных доз  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения. Именно в пределах этой части прибрежной полосы наблюдается наибольшее развитие полупогруженной растительности и наивысшая биомасса зообентоса.



Рис. 1. Район проведения исследований

□ – Место взятия проб

Измерения экспозиционных доз проведены с помощью  $\beta$ - $\gamma$ -рентгенметра ДБГ-06Т производства НПО «Атомтех» (Минск). Замеры прекращали, когда ошибка измерения становилась ниже 10%.

Отбор проб воды (вместе с сестоном) проводился с поверхностных (0,1–0,2 м от поверхности) горизонтов на расстоянии 2 м от берега пластиковыми емкостями объемом 2 литра.

Донные отложения отбирали при помощи трубчатого пробоотборника поршневого типа с глубины 0,2 метра на расстоянии 0,5 м от берега. На каждую пробу отбирали 5–6 колонок, чтобы общий объем грунта превышал 500 см<sup>3</sup>.

В реке были отобраны пробы доминирующего вида водной растительности – водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* и макрозообентоса – легочного моллюска роговой катушки *Planorbarius corneus*, на удочку произведен отлов карася *Carassius carassius*.

Все определения удельной активности собранных проб проведены на полевой базе МГЭУ им. А. Д. Сахарова в Хойниках. Концентрацию  $\beta$ -(<sup>40</sup>K и <sup>90</sup>Sr) и  $\gamma$ -радионуклидов (<sup>137</sup>Cs) определяли на гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315 производства НПО «Атомтех» (Минск). Диапазон измерений объемной (удельной) активности в данном приборе для сосуда Маринелли (1 л) по <sup>137</sup>Cs составляет 2–100 000 Бк л<sup>-1</sup> (Бк кг<sup>-1</sup>), а по <sup>90</sup>Sr – 20–300 000 Бк л<sup>-1</sup> (Бк кг<sup>-1</sup>).

Концентрацию радионуклидов в живых организмах измеряли в день их отбора. У моллюсков определения производили во всем теле, а также в их мягких тканях и в раковине. Последнюю отделяли от мягких тканей после погружения моллюсков на несколько секунд в кипяток.

Перед определением пробы живых организмов гомогенизировали путем раздавливания (тела и мягкие ткани моллюсков), разрезания на мелкие кусочки (рыбы, растения), механического измельчения (раковины).

Пробы донных отложений перед измерениями доводили до воздушно-сухой массы посредством их просушивания на солнце в течение нескольких суток.

### Результаты

Русло р. Несвич в районе исследований находится рядом с березняком тростниковым. Обрывистые берега реки сильно заросли луговой растительностью (рис. 2). Течение умеренное, но значительно возрастает перед мостом, в месте сужения русла.

Вдоль обоих берегов отмечается значительное развитие полупогруженной и погруженной высшей водной растительности. Наиболее обильно представлены роголистник погруженный, рдест плавающий, пузырчатка обыкновенная, телорез обыкновенный, уруть колосистая, водокрас обыкновенный, элодея канадская.

Водная растительность создает благоприятные условия для существования зообентоса, в котором по биомассе доминируют брюхоногие моллюски – роговая катушка, большой прудовик, живородка и др. Отсюда моллюскам принадлежит ключевая роль в процессах биологической миграции радионуклидов в водных экосистемах [8]. Кроме того, они являются одними из важнейших биоиндикаторов радиационного и химического загрязнения водоёмов [9].



Рис. 2. Район исследований

Радиоактивное загрязнение важнейших биотопов исследованного участка реки представлено в табл. 1. Следует особо отметить очень высокий уровень экспозиционных доз  $\gamma$ -излучения на прибрежной террасе реки –  $10,13 \text{ мкЗв час}^{-1}$ . Это в 3 раза выше аналогичных показателей для прибрежной террасы озера Персток, считающегося наиболее загрязненным водоемом в белорусском секторе зоны ЧАЭС – не более  $3,4 \text{ мкЗв час}^{-1}$  в 2004 г. [3]. Уровни экспозиционных доз у уреза воды и над водной поверхностью р. Несвич существенно ниже, однако превышают их естественный уровень в 30–70 раз.

Таблица 1

Радиоактивное загрязнение реки Несвич в июле 2005 г.

Показатель	Величина
<i>Мощность экспозиционной дозы, мкЗв час<sup>-1</sup> <math>\gamma</math>-излучения</i>	
Окрестности водоема	$10,13 \pm 2,5 \%$
Урез воды	$7,61 \pm 4,0 \%$
1 м от берега к центру водоема	$2,95 \pm 4,6 \%$
<i><math>\beta</math>-излучение на высоте 2–3 см над водной поверхностью, импульсы см<sup>-2</sup> мин<sup>-1</sup></i>	
Урез воды	$284,00 \pm 8,4\%$
1 м от берега к центру водоема	$100,50 \pm 5,3\%$
<i>Активность донных отложений, кБк кг<sup>-1</sup> воздушно-сухой массы</i>	
<sup>137</sup> Cs	$100,40 \pm 20,28$
<sup>90</sup> Sr	< 0,51*
<sup>40</sup> K	< 1,22*
<i>Активность донных отложений, кБк м<sup>-2</sup></i>	
<sup>137</sup> Cs	$4938,85 \pm 996,04$
<sup>90</sup> Sr	– *
<sup>40</sup> K	– *
<i>Активность воды (вместе с сестоном), Бк л<sup>-1</sup></i>	
<sup>137</sup> Cs	$11,02 \pm 2,93$
<sup>90</sup> Sr	$22,56 \pm 16,46$
<sup>40</sup> K	$71,32 \pm 25,71$

\* – ниже минимально детектируемой активности.

Активность <sup>137</sup>Cs в донных отложениях р. Несвич в период исследований достигала  $4934 \text{ кБк м}^{-2}$ , что также выше, чем в донных отложениях разных биотопов оз. Персток в 2004 г. – от 364 до  $1975 \text{ кБк м}^{-2}$  [3]. Напротив,  $\beta$ -радионуклиды <sup>90</sup>Sr (чернобыльского происхождения) и <sup>40</sup>K (естественного происхождения) в донных отложениях реки практически не регистрируются. Очевидно, исследованный нами участок реки находится в пределах одного из «цезиевых пятен», характерных для ближней зоны радиоактивного загрязнения ЧАЭС.

Объемная активность воды из реки Несвич по <sup>137</sup>Cs равна  $11,02 \text{ Бк л}^{-1}$ , а по <sup>90</sup>Sr –  $22,56 \text{ Бк л}^{-1}$ . Аналогичные показатели для оз. Персток на 2004 г. вполне сопоставимы – соответственно  $13,9\text{--}19,3$  и  $3,1\text{--}13,4 \text{ Бк л}^{-1}$ .

В целом  $\gamma$ -активность воды на исследованном участке реки значительно снизилась по сравнению с октябрём 1988 г. – до 59 Бк л<sup>-1</sup> [7]. Однако соотношение  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$  в воде р. Несвич в 2005 г., равное 2,05, остается близким к аналогичным показателям для этого участка в первые годы после аварии.

Активность естественного  $\beta$ -радионуклида  $^{40}\text{K}$  в воде реки Несвич значительно превышает суммарную активность обоих радионуклидов чернобыльского происхождения, что может указывать на эндемичность данного региона по  $^{40}\text{K}$ .

Таким образом, из радионуклидов чернобыльского и естественного происхождения, присутствующих в экосистеме р. Несвич, более легкие и подвижные металлы  $^{40}\text{K}$  и  $^{90}\text{Sr}$  концентрируются почти исключительно в водной толще, а менее подвижный  $^{137}\text{Cs}$  – преимущественно в донных отложениях.

Активность радионуклидов у доминирующих видов биоты р. Несвич представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Удельная активность  $\gamma$ - и  $\beta$ -радионуклидов (Бк кг<sup>-1</sup>) сырой массы у живых организмов из р. Несвич в июле 2005 г.**

Показатель	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{40}\text{K}$
<i>Роговая катушка (Planorbarius corneus)</i>			
Все тело	314,25 ± 66,49	1748,18 ± 349,64	20,46 ± 65,23
Мягкие ткани	855,40 ± 171,08	267,20 ± 92,49	174,33 ± 130,33
Раковина*	123,95 ± 41,08	4439,17 ± 887,83	< 641,07**
<i>Карась (Carassius carassius)</i>			
Все тело	3230,20 ± 646,07	630,76 ± 134,82	440,88 ± 120,00
<i>Водокрас (Hydrocharis morsus-ranae)</i>			
Листья и стебли	315,75 ± 63,15	66,64 ± 34,19	89,25 ± 43,89

\* – в расчете на воздушно-сухую массу;

\*\* – ниже минимально детектируемой активности.

Наиболее высокая активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  отмечено для карася, а  $^{90}\text{Sr}$  – для роговой катушки. Водокрас характеризуется средним уровнем активности по  $^{137}\text{Cs}$  и низким – по  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{40}\text{K}$ .

Отмечены явные различия в содержании радионуклидов в теле моллюсков. Содержание химически активных щелочных металлов  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$  выше в метаболически активных мягких тканях, а для  $^{90}\text{Sr}$  (биологический аналог кальция) наблюдается обратная закономерность – он концентрируется преимущественно в метаболически малоактивной раковине, откуда выводится лишь в незначительной степени. В целом, содержание радионуклидов в моллюсках из реки Несвич несколько ниже, чем из оз. Персток, но значительно выше, чем из затоки Припяти [3, 10].

Величины коэффициентов накопления радионуклидов (КН, по отношению к их содержанию в воде) для всего тела роговой катушки составляют: по  $^{137}\text{Cs}$  – 28,51 и по  $^{90}\text{Sr}$  – 77,49. Аналогичные показатели по  $^{137}\text{Cs}$  для моллюсков из оз. Персток очень близки – в пределах 32,6 – 34,2, а по  $^{90}\text{Sr}$  на несколько порядков выше – до 855 – 2690 [10].

### Обсуждение

В целом уровень радиоактивного загрязнения р. Несвич, учитывая длительный период полураспада  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (около 30 лет), будет сохраняться на очень высоком уровне в течение ближайших 10–15 лет. При этом естественный распад радионуклидов в реке и вынос их течением воды в определенной степени будет компенсироваться их поступлением в водоем с окружающих территорий с дождевыми и тальми водами.

Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в воде и в донных отложениях реки Несвич и озера Персок различается несущественно, но моллюски в озере аккумулируют его значительно более эффективно, чем в реке.

Основу рациона водных легочных моллюсков составляют водные растения, которые достаточно эффективно поглощают радионуклиды из воды. Так, КН для водокраса в р. Несвич составляют по  $^{137}\text{Cs}$  – 28,7, а по  $^{90}\text{Sr}$  – 2,96. Отсюда представляется, что радионуклиды в организм моллюсков поступают в основном с пищей и заглатываемым попутно мелкодисперсным илом, а не непосредственно из водной толщи.

Выявленные различия КН для разных радионуклидов у гидробионтов из обоих водоемов зоны ЧАЭС могут быть обусловлены многочисленными факторами. В их числе – различная биологическая подвижность разных радионуклидов, разное соотношение свободной и связанной фракций радионуклидов в водной толще и донных отложениях, физиологические особенности живых организмов и др.

Отсюда р. Несвич может рассматриваться как перспективный полигон мониторинговых исследований миграции радионуклидов в водных экосистемах и хронического воздействия радиационного фактора на живые организмы. Учитывая характер распределения радионуклидов в основных биотопах реки Несвич и обитающих в ней организмов, можно предположить, что основным дозообразующим фактором для ее биоты будут являться радионуклиды, накапливающиеся в донных отложениях.

#### Літэратура

1. Хвалей, О. Д. Распределение радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в компонентах водных экосистем лентического типа / О. Д. Хвалей, П. И. Дацкевич, Ф. Д. Комиссаров // Весті НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2000. – № 2. – С. 68–73.
2. Гудков, Д. И. Распределение радионуклидов по основным компонентам озёрных экосистем зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / Д. И. Гудков [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 3. – С. 271–280.
3. Golubev, A. P. The current state of pond snail *Lymnaea stagnalis* populations from water reservoirs of the Chernobyl nuclear accident zone / A. P. Golubev [etc.] // Radioprotection. – 2005. – Vol. 40, Suppl. 1. – P. S511–S517.
4. Сушеня, Л. М. Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / Л. М. Сушеня, М. М. Пикулик, А. Е. Пленин. – Минск : Навука і тэхніка. – 1995. – 263 с.
5. Подворко, Г. А. Вертикальная миграция  $^{137}\text{Cs}$  в болотных почвах в отдалённый период после аварии на ЧАЭС / Г. А. Подворко [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – Т. 44, № 4. – С. 458–465.
6. Фрид, А. С. Миграция как один из показателей буферности ландшафта к загрязнению радиоцезием / А. С. Фрид // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 2. – С. 236–240.
7. Хвалей, О. Д. Анализ некоторых результатов радиоэкологического мониторинга водных систем бассейна р. Припять в пределах Гомельской области / О. Д. Хвалей // Актуальные проблемы дозиметрии : материалы 5-го Международного симпозиума. – Минск, 2005. – С. 143–147.
8. Хмелева, Н. Н. Динамика популяций живородки *Viviparus viviparus* (Gastropoda, Prosobranchia) в водоемах зоны Чернобыльской АЭС (Беларусь) и Зегжинском водохранилище (Польша) / Н. Н. Хмелева, А. П. Голубев, К. Левандовски // Гидробиол. журн. – 1995. – Т. 31, № 5. – С. 11–21.
9. Макаренко, Т. В. Использование брюхоногих моллюсков (Gastropoda) при изучении загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами / Т. В. Макаренко // Экологические проблемы полесья и сопредельных территорий : материалы научно-практической конференции, Гомель, октябрь 2001 г. – Гомель, 2001. – С. 103–106.
10. Голубев, А. П. Функциональная роль брюхоногих моллюсков в процессах миграции радионуклидов в водоемах белорусского сектора зоны отчуждения ЧАЭС / А. П. Голубев, В. Ю. Афонин, В. Н. Калинин // Радиобіологічні ефекти: ризики, мінімізація, прогноз. – Київ, 2005. – С. 119–120.

#### Summary

In this article the results of radiologic investigations held in July 2005 on canalized section of river Nesvich near ponds on the eastern periphery of rural of Kulajin are given.

Поступила в редакцию 20.02.06.