

Р. А. НЕНАШЕВ<sup>1</sup>, С. А. КАЛИНИЧЕНКО<sup>1</sup>, В. В. ГОЛОВЕШКИН<sup>1</sup>, М. А. ШАБАЛЕВА<sup>2</sup>

## ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ <sup>137</sup>Cs И <sup>90</sup>Sr В ВОДОЕМЫ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ С ЖИДКИМ ПОВЕРХНОСТНЫМ СТОКОМ

<sup>1</sup>Полесский государственный радиационно-экологический заповедник,  
г. Хойники, Республика Беларусь,  
rt@tut.by

<sup>2</sup>Гомельский государственный медицинский университет,  
г. Гомель, Республика Беларусь

*Проведен анализ распределения <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr по компонентам водных экосистем двух замкнутых водоемов зоны отчуждения ЧАЭС. Дана оценка поступления радионуклидов в водоемы с территории водосбора с жидким поверхностным стоком.*

*Ключевые слова: радионуклид, водоем, сток, загрязнение, пресноводный, водосбор.*

**Введение.** После катастрофы на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглись водоемы бассейна реки Припять. В настоящее время продолжается процесс поступления радионуклидов в водоемы за счет поверхностного смыва с водосборной территории. При этом интенсивность вторичного загрязнения водоемов определяется плотностью радиоактивного загрязнения, гидрологическим режимом водоемов, почвенно-растительными условиями территории водосбора. Особенно остро проблема вторичного радиоактивного загрязнения стоит в отношении многочисленных замкнутых, бессточных водоемов [1]. Исходя из этого, целью исследований являлось определение интенсивности вторичного загрязнения водоемов зоны отчуждения посредством жидкого поверхностного стока.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводились на двух модельных водоемах, находящихся в окрестностях бывшего населенного пункта (б. н. п.) Масаны, на территории Хойникского участка Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Ниже приведено краткое описание обследуемых водоемов.

Озеро Персток – естественный бессточный пойменный водоем, расположен в 3 км от русла р. Припять и в 10 км в северо-западном направлении от ЧАЭС. Площадь – 0,1 км<sup>2</sup>. Средняя глубина – 1,84 м. Площадь водосбора составляет 1,5 км<sup>2</sup>. Является замкнутым, эвтрофным водоемом с сильной степенью зарастания. Подпитывается в основном за счет паводковых и грунтовых вод, а также атмосферных осадков. Донные отложения в прибрежной части представлены илом опесоченным с органическими остатками и прослойками торфа, в центральной части – сапропелем тонкодетритовым с включениями неразложившейся органики. Мощность отложений составляет около 0,5 м.

Борщевское затопление было образовано после перекрытия дамбой Погонянского канала в 1993 году, в результате чего оказались затоплены залежные земли, а также мелиоративные системы между б. н. п. Масаны и Борщевка. С течением времени затопленные территории превратились в мелководный замкнутый водоем болотного типа. Южная оконечность водоема расположена в 14 км к северу от ЧАЭС. В соответствии с данными лесоустройства средняя площадь затопления составляет 11,8 км<sup>2</sup>. Площадь водосбора составляет 54 км<sup>2</sup>. Максимальные глубины водоема приурочены к руслам бывших мелиоративных каналов и достигают 1,5–2 м, на затопленных залежных землях уровень воды составляет в среднем 60 – 110 см. Берега территории затопления не сформированы, встречаются заторфованные участки, заросшие ивой, черной ольхой, березой, на возвышениях сосной. Следует отметить, что акватория Борщевского затопления находится на бывших сельскохозяйственных угодьях. Поступление радионуклидов

в поверхностные воды Борщевского затопления происходит непосредственно из почвенного слоя затопленных залежных земель.

Донные отложения отбирали на глубине 0,5 и 1,5 м трубчатым отборником диаметром 6 см и высотой рабочей части 25 см. Для определения уровней загрязнения территории водосбора вдоль береговой линии проводился отбор проб почвы на расстоянии 5-10 м от уреза воды стандартным пробоотборником диаметром 5 см на глубину 20 см. Мониторинг мощности эквивалентной дозы (МЭД) на реперных точках береговой линии указанных водоемов и отбор проб воды проводился 1 раз в 10 дней в течение марта-ноября. После подготовки проб к анализу в них измерялась удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  методом гамма-спектрометрии,  $^{90}\text{Sr}$  – инструментальным или радиохимическим методом.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В таблице 1 приведены результаты радиологического обследования территории водосбора и компонентов водных экосистем модельных водоемов.

**Таблица 1 – Содержание радионуклидов в компонентах экосистем модельных водоемов**

Показатель	Оз. Персток		Борщевское затопление	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Почва водосбора, кБк/м <sup>2</sup>	2650±334	467±90	2222±287	804±105
Вода, Бк/л	7,8±0,2	15,4±0,8	2,7±0,2	4,7±0,6
Донные отложения, кБк/м <sup>2</sup>	848±207	317±49	891±165	121±35
Мощность эквивалентной дозы (берег), мкЗв/ч	1,61±0,03		1,36±0,09	

Как видно из полученных данных, радиоактивное загрязнение обследованных водоемов сохраняется на достаточно высоком уровне, причем если почва водосбора и донные отложения характеризуются близкими величинами плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ , то в отношении  $^{90}\text{Sr}$  наблюдаются более высокие значения в донных отложениях озера Персток. При анализе поверхностных вод выявлены значительные отличия по степени загрязненности радионуклидами. Так, в водах оз. Персток удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  превышает эти показатели для Борщевского затопления в 2,9 и 3,3 раза соответственно. Очевидно, что данные различия могут быть обусловлены комплексом факторов, например, различиями в составе донных грунтов и формах нахождения в них радионуклидов. В таблице 2 представлены параметры, характеризующие интенсивность процесса смыва радионуклидов водосборной территории с жидким поверхностным стоком. Для расчетов использовались данные по среднегодовому количеству осадков на местности за последние 10 лет и экспериментально установленные коэффициенты смыва растворимых форм  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  для дерново-подзолистых почв 30-км зоны ЧАЭС [2]. Коэффициент смыва вычисляется как отношение активности радионуклида, смытой в течение года с водосбора к активности, содержащейся на этом водосборе до начала смыва. Используемые при расчетах средневзвешенные величины коэффициентов смыва, нормированные на 1 мм жидкого стока, составляют  $1,0 \times 10^{-5}$  и  $1,6 \times 10^{-4}$  для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  соответственно. Среднегодовой жидкий сток определялся, как произведение годового количества осадков (600 мм/год), коэффициента жидкого стока для супесчаных дерново-подзолистых почв (0,04) и площади водосбора (для озера Персток и Борщевского затопления 1,5 км<sup>2</sup> и 54 км<sup>2</sup> соответственно). Из представленных в таблице данных видно, что суммарный вынос как  $^{137}\text{Cs}$ , так и  $^{90}\text{Sr}$  определяется прежде всего подвижностью радионуклида и содержанием их мобильных форм в почве водосбора, а также площадью водосбора. Ежегодное уменьшение содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах водосбора за счет естественного смыва характеризуется низкими темпами и составляет в среднем 0,02 и 0,38% от общего депонированного количества этих радионуклидов.

Исследованиями, проведенными на территориях Украинского Полесья со сходными почвенно-растительными условиями [3] вынос радиоактивности в водоемы. в процессе смыва имеет аналогичные величины. Интенсивность поверхностного смыва  $^{90}\text{Sr}$  как правило в 3–5 раз выше, чем  $^{137}\text{Cs}$ , но не превышает 1 %. Именно поэтому процессы снеготаяния и дождей даже через десятки лет после аварии не уменьшили существенно общее количество радионуклидов на водосборных территориях, а также не привели к значительному вторичному загрязнению водных систем. Прежде всего это касается короткоживущих радионуклидов, а также  $^{137}\text{Cs}$ , и  $^{90}\text{Sr}$ . Скорость снижения их содержания в почвах вследствие физического распада выше, чем уменьшение их количества при смыве в водные экосистемы. В отношении трансурановых элементов с длительным периодом полураспада вероятнее всего обратная ситуация. Очевидно, что со временем вторичное загрязнение трансурановыми элементами замкнутых водоемов зоны отчуждения за счет поверхностного смыва будет только увеличиваться.

**Таблица 2 – Вынос радионуклидов с территории водосбора в водоемы с жидким поверхностным стоком**

Параметр		Оз. Персток		Борщевское затопление	
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Средний годовой вынос радионуклидов с территории водосбора	Бк/год	$5,70 \times 10^8$	$2,29 \times 10^9$	$3,02 \times 10^{10}$	$7,68 \times 10^{10}$
	%	0,02	0,38	0,02	0,38
Годовое поступление радионуклидов в водоем относительно имеющейся активности в водоеме, %		0,38	6,87	0,34	5,53

**Заключение.** В целом, характеризуя уровни вторичного загрязнения водоемов замкнутого типа необходимо отметить, что в первую очередь этой опасности подвержены небольшие по площади водоемы. Так, относительное поступление со смывом  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в озеро Персток выше значений, полученных для Борщевского затопления. При этом поступление радионуклидов в водоемы с поверхностным стоком зависит от концентрации их мобильных форм в почве водосбора. Наиболее интенсивным является смыв  $^{90}\text{Sr}$ , который ежегодно составляет 5,5-6,9 %, от количества, уже содержащегося в водоеме.

#### Список литературы

1. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в водных экосистемах белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / Р. А. Ненашев [и др.] // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019 : матер. междунар. науч. -практ. конф., Севастополь, 23–26 сент. 2019 г. / Севастопольский гос. ун-т, ин-т ядерной энергии и промышленности; редкол. : Л. И. Лукина, Н. В. Лямина. – Севастополь, 2019. – С. 1168–1172.
- 2 Garcia-Sanchez, L. Radionuclide entrainment coefficients by wash-off derived from plot experiments near Chernobyl / L. Garcia-Sanchez, A. Konoplev, A. Bulgakov // Radioprotection. – 2005. – Vol. 40. – P. 519–524.
- 3 Smith, J. Radioactivity in aquatic system / J. Smith, O. V. Voitsekhovich, A. V. Konoplev, A. V. Kudelsky // Chernobyl catastrophe and consequences / ed. J. Smith, N. Beresford. – Springer, 2005. – P. 139–190.

R. A. Nenashev<sup>1</sup>, S. A. Kalinichenko<sup>1</sup>, V. V. Goloveshkin<sup>1</sup>, M. A. Shabaleva<sup>2</sup>

## ASSESSMENT OF <sup>137</sup>Cs AND <sup>90</sup>Sr TRANSFER INTO THE WATER BODIES OF THE EXCLUSION ZONE WITH SURFACE LIQUID RUNOFF

<sup>1</sup>*Polesye State Radiation-Ecological Reserve,  
Khoyniki, Republic of Belarus,  
rm@tut.by*

<sup>2</sup>*Gomel State Medicinal University,  
Gomel, Republic of Belarus*

*Abstract. Analysis of <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr distribution between aquatic ecosystems components of two enclosed waterbodies in Chernobyl NPP exclusion zone was carry out. The evaluation of the radionuclides liquid surface runoff from the watershed into water bodies was estimated.*

*Keywords: radionuclide, water body, runoff, contamination, freshwater, watershed.*

УДК 528. 942

Д. В. НОВИКОВ, В. В. ИВАНОВСКИЙ

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МЕСТ ГНЕЗДОВАНИЯ СКОПЫ (*PANDION HALIAETUS*) НА ТЕРРИТОРИИ ГЛУБОКСКОГО, УШАЧСКОГО И ДОКШИЦКОГО РАЙОНОВ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

*Витебский государственный университет им. П. М. Машерова,  
г. Витебск, Республика Беларусь,  
novikau.d@mail.ru*

*В работе представлена методика по поиску потенциальных мест гнездования скопы. С помощью стандартного инструментария ГИС MapInfo проанализированы факторы влияющие на выбор существующих гнездовых территорий скопами, обитающими в ряде районов Витебской области. Конечным результатом исследований является определение территорий с необходимым сочетанием факторов среды для возможного гнездования скопы.*

*Ключевые слова: скопа, ГИС, гнездовые территории, охотничьи угодья, болота, озера.*

Скопа (*Pandion haliaetus*), занесённая в Красную книгу Республики Беларусь, в большинстве случаев населяет верховые болота – 91,7 % [1]. При этом, при выборе мест гнездования, она ориентируется на наличие следующих факторов, а именно: оптимального расстояния до потенциальных мест охоты и расстояния до соседних гнёзд конкурентов. В настоящее время на территории анализируемых районов известно 30 гнезд скопы.

Использование ГИС-технологий в наших исследованиях позволили упростить работы по поиску новых гнездовых территорий, о чем свидетельствуют результаты первых подобных опытов в Белорусском Поозерье [2].

Для определения потенциальных территорий, наиболее подходящих для гнездования скопы, используется методика, основанная на многолетнем изучении биологии птиц данной территории и возможностями ГИС-платформ. Потенциальные места, подходящие для расположения гнездовых участков скопы, должны отвечать следующим основным критериям:

- 1 Наличие верхового болота определённой площади.
- 2 Оптимальное расстояние до эвтрофных или мезотрофных озёр.