

**ВЕСОМЫЙ ВКЛАД В ПРЕСНОВОДНУЮ
РАДИОЭКОЛОГИЮ: ИТОГИ МНОГОЛЕТНИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

Рец. на кн.: Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / За ред. В. Д. Романенка. — К.: Наук. думка, 2010. — 263 с.

Становление атомной энергетики с самого начала ее развития сопровождается рядом крупных аварий, опасные последствия которых для биотической среды и человека будут проявляться на протяжении всего периода существования выброшенных в окружающую среду техногенных радионуклидов. Исследованиями широко охвачены: судьба попадающих в биосферу искусственных радионуклидов с учетом их физической и химической трансформации, их перенос в водной среде, а также аккумуляирование абиотическими и биотическими компонентами пресноводных экосистем. Наиболее существенные результаты и обобщения в пресноводной радиоэкологии получены при мониторинговых наблюдениях тестируемых водных систем, что позволило отслеживать динамику выбранных показателей и временные тренды их изменений. При выборе полигонов исследований основными показателями для радиоэкологических работ послужили уровень их радиоактивного загрязнения и наличие гидробионтов, используемых в качестве тест-объектов, общепринятых в гидробиологии. В таких исследованиях решающее значение имеет выбор унифицированных методических подходов и критериев оценки комплексного воздействия на биоту присутствующих в водной среде загрязнителей разной природы — химической и радиоактивной. Такая проблема особенно остро встала перед пресноводными радиоэкологами после крупнейшей аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) в 1986 г. Известно, что в процессе ликвидации ее последствий были использованы разнообразные химические вещества, попавшие в водные системы как через атмосферу вместе с топливным ядерным материалом, мелкодисперсными пылевыми частицами, содержащими чернобыльские радионуклиды, так и в результате их смыва и миграции с прилегающих территорий по водным системам. В первую очередь, это относилось к водоемам, близко расположенным к эпицентру аварии, а именно: к водоему-охладителю ЧАЭС, р. Днепр и ее притокам в 30-километровой зоне, а также к замкнутым локальным водоемам (озерам) в ней, как наиболее подверженным влиянию радиоактивных и химических загрязнителей вследствие этой катастрофы.

За весь поставарийный период в литературе накоплен большой фактический материал, освещающий, однако, лишь некоторые направления исследований зоны отчуждения. Поэтому очень важным и значимым событием

© Поликарпов Г. Г., Лазоренко Г. Е., Егоров В. Н., Гулин С. Б., 2011

для радиоэкологов и радиобиологов стал выход обобщающей монографии в этой области — «Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах», представляющей собой фундаментальный труд сотрудников отдела пресноводной радиоэкологии Института гидробиологии НАН Украины под руководством д.б.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники Украины М. И. Кузьменко и д.б.н. Д. И. Гудкова.

Радиоэкологические исследования водоемов зоны отчуждения позволили авторам рецензируемой работы выявить среди них наиболее загрязненные, определить факторы, влияющие на перераспределение долгоживущих черновыльских радионуклидов в компонентах их экосистем и оценить уровни дозовых нагрузок, формируемых инкорпорированными излучателями в основных видах гидробионтов.

Для всех водоемов установлен ряд общих закономерностей поведения в них исследуемых радионуклидов. Так, в воде ^{90}Sr определяли, в основном, в растворенной форме, а ^{137}Cs — в растворенной и взвешенной формах. В течение 1989—1998 гг. концентрация ^{90}Sr в воде всех исследованных водных систем, за исключением водоема-охладителя ЧАЭС (1998 г.) и р. Припяти (г. Чернобыль), была намного выше допустимой для того периода времени нормы в питьевой воде по этому радионуклиду.

Мозаичность первоначального радиоактивного загрязнения водоемов зоны отчуждения влияет на распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в их донных отложениях при существовании некоторых общих закономерностей, обусловленных, прежде всего, структурой субстратов. Так, максимальные концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs в донных отложениях были характерны для слоя 0—5 см и изменялись от водоема к водоему. Самые высокие их значения определены в образцах из Красненской старицы (соответственно 16 900 и 46 6527 Бк/кг сухой массы). Несколько ниже были их величины для донных отложений из озер Далёкого-1 и Глубокого, рассматриваемых авторами в качестве одних из основных тестируемых водных систем зоны отчуждения. Авторами работы установлена роль отдельных компонентов их экосистем в перераспределении чернобыльских радионуклидов. На примере оз. Глубокого показано, что в воде определяется 10,2% ^{90}Sr , 0,64% ^{137}Cs и 0,04% трансурановых элементов от общего их содержания в водоеме. Вклад донных отложений в этот процесс отражен рядом: ^{90}Sr (89%) < ^{137}Cs (98,6%) < трансурановые элементы (99,8%). Для биоты соотношение вкладов чернобыльских радионуклидов имело следующий вид: ^{90}Sr (0,61%) > ^{137}Cs (0,25%) > трансурановые элементы (0,16%).

Выбор оз. Далёкого-1 как тестового полигона для более детального радиоэкологического исследования наиболее соответствовал поставленным задачам. В частности, была установлена роль зообентоса и, прежде всего, двухстворчатых моллюсков, в аккумуляровании чернобыльских радионуклидов. Установлено, что около 89% ^{90}Sr в биоте озера сконцентрировано в двухстворчатых моллюсках. Доля других групп гидробионтов в процессе его распределения в экосистеме этого озера была значительно ниже и составляла: 8,5% — для высших водных растений, 1,5 — для рыб, около 1 — для брюхоногих моллюсков и менее 1% — для остальных представителей зообенто-

са. Подобная картина получена для трансурановых элементов, для которых установлено снижение вклада двухстворчатых моллюсков (до 70—80%), а также брюхоногих моллюсков и рыб (< 1%) при возрастании роли макрофитов (21—29%). ^{137}Cs в биоте озера распределен между высшими водными растениями (85%), зообентосом (7%), рыбами (8%) и брюхоногими моллюсками (< 1%). Такая картина распределения обусловлена, по мнению авторов, гидрохимическим режимом водоема и способностью гидробионтов аккумулировать радионуклиды в различных условиях обитания.

Авторами работы показано, что содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs у рыб из исследованных озер зоны отчуждения ЧАЭС, в среднем, было более чем в 100 раз выше уровней, соответствующих принятым в Украине нормативам для рыбной продукции.

Установление всех факторов, влияющих на процессы перераспределения черномыльских радионуклидов в компонентах экосистем водоемов зоны отчуждения, усложняется крайней неоднородностью первоначального радиоактивного загрязнения. Однако авторам удалось установить сезонную динамику и температурные режимы, регулирующие процессы аккумуляции этих радионуклидов гидробионтами на протяжении жизненного цикла. Впервые оценена роль разных групп гидробионтов и их отдельных органов в формировании донных отложений и трансформации физико-химических форм радионуклидов в разных водоемах.

При исследованиях водоемов северной части Украины установлено, что перераспределение в них ^{90}Sr и ^{137}Cs зависит от их проточности или отсутствия водообмена с другими водными системами. При этом уровень аккумуляции радионуклидов гидробионтами не всегда зависит от плотности радиоактивного загрязнения площади водосбора.

Авторами представлен обширный материал, указывающий на то, что в исследованных водоемах из разных районов Украины продолжается процесс перераспределения ^{90}Sr и ^{137}Cs , основная роль в котором отведена взвеси и гидробионтам. Высшие водные растения из водоемов Полесья и Лесостепи северной части Украины отнесены к самым загрязненным компонентам их экосистем. В зоне Полесья сложились условия, способствующие накоплению радионуклидов в экосистемах водоемов, используемых для выращивания рыбы. Определены виды рыб и их органы, ответственные за концентрирование ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Экспериментальные исследования кинетики накопления и распределения ^{137}Cs у рыб позволили авторам установить, что после одноразового введения этого радионуклида в их организм наблюдается двухкомпонентный характер снижения его содержания, а именно — наличие быстрой и медленной составляющей этого процесса. Последняя формируется за счет депонирования ^{137}Cs мышцами, а быстрая компонента обусловлена вкладом всех остальных органов рыб. На процесс аккумуляции этого радионуклида рыбами влияет режим их питания. Результаты проведенных экспериментов позволили авторам предложить их использование в практических

целях для рыбоводческих хозяйств с целью уменьшения уровня содержания ^{137}Cs в готовой продукции.

В сложившихся поставарийных условиях дозовые нагрузки на гидробионтов из исследованных водоемов формируются излучением внешних и внутренних источников. Минимальные и максимальные мощности поглощенных доз облучения от излучения чернoбыльских радионуклидов, определяемых в абиотических компонентах водоемов зоны отчуждения, в 1998—2004 гг. составляли $2,7 \cdot 10^{-7}$ — $9,5 \cdot 10^{-5}$ Гр/год. Излучение каждого из них ответственно за формирование соответствующих мощностей доз, которые входили в этот общий диапазон.

Мощности поглощенных доз облучения от инкорпорированных радионуклидов (^{40}K , ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am) с учетом их распределения в организмах достигали максимальных величин для гидробионтов из оз. Глубокого. Минимальные значения характерны для обитателей речных экосистем. Соотношение внешней и внутренней составляющей суммарной мощности поглощенной дозы облучения гидробионтов зависело от водоема, уменьшаясь от оз. Глубокого ($1,6$ — $3,4$ Гр/год) до Яновского затона ($7,5 \cdot 10^{-3}$ — $5 \cdot 10^{-2}$ Гр/год). Для других закрытых водоемов зоны отчуждения их величины находились внутри этого диапазона. Для исследованных речных систем (реки Уж и Припять) суммарные мощности доз облучения изменялись в диапазоне $1,8 \cdot 10^{-3}$ — $4,1 \cdot 10^{-3}$ Гр/год.

Сохраняющийся высокий уровень загрязнения чернoбыльскими радионуклидами водоемов зоны отчуждения продолжает оказывать влияние на гидробионтов, вызывая повышенный хромосомный мутагенез и связанную с ним репродуктивную гибель клеток в тканях. Регистрируемые нарушения в биосистемах при значительном радиоактивном загрязнении водоемов позволили установить, что хроническое действие ионизирующего излучения на рыб вызывает глубокие нарушения, в особенности, в органах воспроизводства. Разнообразие и число аномалий в гонадах и половых клетках, обусловленные таким воздействием, передаются второму, третьему и даже четвертому поколениям облученных особей.

Результаты комплексного многолетнего труда коллектива авторов монографии свидетельствуют о нарушениях в биосистемах разных уровней организации, подтверждая сохраняющуюся экологическую опасность в зоне отчуждения и представляющую, одновременно, уникальные возможности ее дальнейшего радиоз экологического и радиобиологического исследования в естественных условиях обитания гидробионтов.

Фундаментальный труд «Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах» представляет собой крупное обобщение, расширяющее существующее знание процессов миграции, транспорта, распределения радиоактивных загрязнений в природной среде и действие их излучений на пресноводную биоту. Такое обобщение сделано впервые и поэтому имеет огромное значение для науки и практики — для радиозэкологов, радиобиологов, экологов, ихтиологов, радиационных гигиенистов и для лиц, принимающих решения по практическому использованию или по отчуждению изучавшегося об-

ширного региона. Более того, благодаря изученным общим радиозэкологическим закономерностям, оно может значительно облегчить также исследования и составление радиозэкологических прогнозов в случае тяжелых аварий на других АЭС и в других странах, а в данный период — для пресноводных экосистем Японии в связи с рекордно крупной, сравнимой с чернобыльской, аварией в 2011 г. на АЭС Фукусима.

Г. Г. Поликарпов, Г. Е. Лазоренко,
В. Н. Егоров, С. Б. Гулин

Поступила 03.11.11