

**ВЫДАЮЩИЙСЯ ВКЛАД В РАДИОЭКОЛОГИЮ
ПРИРОДНЫХ ВОД ПОСТЧЕРНОВЫЛЬСКОГО
ПЕРИОДА**

Рец. на кн.: «Радиоэкологический отклик Черного моря на Чернобыльскую аварию» / Науч. ред. Г. Г. Поликарпов и В. Н. Егоров. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. — 669 с.

Эпохальные открытия в ядерной физике XX века положили начало широкому использованию радиоактивных материалов, источников ионизирующих излучений в науке, в различных отраслях хозяйственной деятельности человека и, особенно, в военной промышленности и ядерной энергетике, и создали предпосылки для становления и формирования одной из самых молодых естественных наук — радиоэкологии природных вод. Эти научные открытия и их технологическое воплощение способствовали не только подъему в развитии цивилизации, но, как следствие, вызвали и продолжают создавать отрицательные последствия как для человека, так и для биосферы в целом. Уже в начале, знакомясь с содержанием рецензируемой монографии, убеждаешься в том, что именно в таком труде ощущалась острая необходимость. Вышел в свет многолетний труд, в котором в контексте глобальной проблемы радионуклидного загрязнения был определен важнейший объект исследования международного значения — Черное море, его морская экосистема, труд широко признанных авторов — энтузиастов исследователей, вооруженных самыми современными методологиями, методами и радиометрическим измерительным оборудованием.

Имя пионера и основателя радиоэкологии природных вод и создателя большой научной школы в Советском Союзе и в Украине, создателя уникального радиоэкологического центра — отдела радиационной и химической биологии в Институте биологии южных морей АН СССР, а затем НАН Украины в г. Севастополе, многие годы вице-президента Международного союза радиоэкологов Г. Г. Поликарпова в научном мире хорошо известно. Из широкого спектра разноуровневых задач Г. Г. Поликарпов и соавторы — его ближайшие ученики и сотрудники — чл.-корр. НАН Украины В. Н. Егоров, д.б.н. С. Б. Гулин, к.г.н. Н. А. Стокозов, к.б.н. Г. Е. Лазоренко, к.б.н. Н. Ю. Мирзоева, к.б.н. Н. Н. Терещенко, к.б.н. В. Г. Цыцугина, к.б.н. Л. Г. Кулебакина, научный сотрудник В. Н. Поповичев, младший научный сотрудник А. А. Коротков, ведущий инженер Д. Б. Евтушенко, к.б.н. Н. В. Жерко и к.б.н. Л. В. Малахова определили основные: изучение загрязнения радионуклидами ^{90}Sr , ^{137}Cs и трансурановыми элементами воды, гидробионтов и донных отложений Черного моря и балансовые оценки содержания радионуклидов в водной среде после аварии на ЧАЭС; изучение гидрологических, биогеохимических, биофизических и экологических характеристик Черного моря на основе радионуклидного загрязнения; определение пространст-

© Кузьменко М. И., Гудков Д. И., Волкова Е. Н., 2009

венно-временных масштабов и дозовой цены отклика компонентов экосистемы моря на загрязнение радионуклидами после аварии на ЧАЭС по сравнению с природным радионуклидом ^{210}Po , а также разработку принципов и обобщения в области радиационной защиты морских экосистем с учетом интенсивного химического загрязнения.

В главе 2 изложена краткая характеристика Черного моря как основного объекта исследований, раскрываются процессы и приводится установленная закономерность внутригодовой изменчивости поля солености, согласно которой максимальное распреснение происходит в весенне-летнее время года, когда паводковые воды Дуная и Днепра выходят на шельф. Полное прекращение стока рек не влияет на циркуляцию вод, которая в основном определяется ветровым воздействием.

И хотя имеющиеся публикации, казалось бы, во всех деталях описывают аварию на ЧАЭС и радионуклидное загрязнение природной среды, тем не менее, авторы в главе 3, акцентируя внимание на количественных характеристиках содержания радионуклидов, процессах их миграции в абиотических и биотических компонентах водных экосистем ближней зоны, решают одну из ключевых задач, а именно: оценивают транспорт радионуклидов по каскаду днепровских водохранилищ в оросительную систему Северо-Крымского канала и в Каркинитский залив Черного моря. С учетом факторов времени и пространства в монографии приводятся данные по содержанию и миграции ^{90}Sr , ^{137}Cs и трансурановых элементов — радионуклидов плутония и америция в послеаварийный период в ближней зоне ЧАЭС и на юге Украины. Полученные результаты работ, выполненных с 1986 по 2008 г., послужили основанием для вывода о том, что радиационная обстановка в регионе исследований не вызывает опасения в отношении радионуклидов цезия, плутония и америция. Основываясь на представлениях биогеохимии и биогеоценологии, авторы предложили рассматривать поведение радионуклидов как применение редких и рассеянных элементов в качестве радиотрассеров в условиях морской экосистемы.

Результаты исследований ^{90}Sr , ^{137}Cs , изотопов плутония и природного радионуклида ^{210}Po в компонентах экосистемы Черного моря изложены в главе 4. По данным авторов монографии, за период 1986—1995 гг. с водами Днепра в Черное море поступило ^{90}Sr 90 ТБк, ^{137}Cs — 2 ТБк, что сопоставимо с данными Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института (УкрНИГМИ). В 1986—1990 гг. в Киевское водохранилище поступило ^{90}Sr 119 ТБк, ^{137}Cs — 186 ТБк, или соответственно 5 и 1% от их запасов на площади водосбора Киевского водохранилища (Войцехович и др., 1993). По данным авторов монографии, за этот же период в Черное море поступило 45 ТБк ^{90}Sr и 1,7 ТБк ^{137}Cs , или 38% ^{90}Sr и 1% ^{137}Cs , поступивших в каскад днепровских водохранилищ. За период 1986—1995 гг. В Черное море с водами Дуная поступило ^{90}Sr 24,5 ТБк, а за период 1986—1994 гг. ^{137}Cs — 24 ТБк. Поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs с водами Дуная в Черное море специалистами УкрНИГМИ оценивалось в 46 ТБк и 17 ТБк, соответственно. Расхождения в полученных оценках авторы объясняют разным временем отбора проб, а также их общим количеством в пределах каждого года. Тем не менее, обобщение результатов исследований, выполненных отделом радиационной и химической биологии ИнБЮМ и УкрНИГМИ, показывает, что в пе-

риод 1986—2000 гг. с водами Днепра и Дуная в Черное море поступило ^{90}Sr 160 ± 28 ТБк.

Сравнение количества радионуклидов, поступивших в Черное море с водами рек, показало, что за период 1986—2000 гг. с водами Днепра поступило ^{90}Sr 85 ± 10 ТБк, Дуная — $7,5 \pm 18$ ТБк, т.е. приблизительно одинаковое количество. Поступление ^{137}Cs в Черное море с водами Днепра и Дуная в течение исследуемого периода было существенно ниже и составило $22,6 \pm 5,4$ ТБк. Количество радионуклида ^{137}Cs , транспортируемого в море с водами Дуная, приблизительно в 5 раз превышало таковое с водами Днепра. Последнее объясняется, с одной стороны, почти в 5 раз большим среднесуточным объемом годового стока и существенно большей водосборной площадью Дуная, а с другой — очистительной ролью днепровских водохранилищ, особенно их донных отложений, которые аккумулировали 98—99% поступившего ^{137}Cs .

Следует подчеркнуть важность многочисленных данных, характеризующих содержание ^{90}Sr , ^{137}Cs , трансурановых элементов, в том числе $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am и природного радионуклида ^{210}Po в абиотических и биотических компонентах экосистемы Черного моря. Анализ содержания радионуклидов выполнен авторами с детальным рассмотрением их локализации как в морских акваториях, на глубинах, в донных отложениях, так и в различных видах гидробионтов. Очень важно, что оригинальные данные, полученные исследователями отдела радиационной и химической биологии ИнБЮМ, тесно увязаны с многочисленными данными, характеризующими радионуклидное загрязнение различных акваторий Мирового океана.

Особый интерес для специалистов представляют результаты изучения постчернобыльских дозовых нагрузок, радиочувствительности популяций гидробионтов и проблемы радиационной защиты экосистем, описанные в главе 5. Нельзя не согласиться с тем, что авторы следуют аргументации и рекомендации в отношении выражения мощностей доз в радиационной экологии в виде $\text{Зв} \cdot \text{год}^{-1}$, а не в виде $\text{Гр} \cdot \text{год}^{-1}$, как было принято ранее. Широко признанная концептуальная модель зональности хронического действия мощностей доз ионизирующих излучений в природе представлена с новыми важными сведениями, убедительной аргументацией и указанием на отдельные проблемные вопросы, требующие дополнительного информационного насыщения и доработки. Глубокий анализ мощностей доз ионизирующих излучений за счет природного фона и искусственных радионуклидов в водной среде и действия хронического облучения на водные организмы, популяции и биоценозы положены в основу широко используемой классификации зон биологического действия хронического облучения ионизирующей радиацией. Значение этой классификации, которую разработал Г. Г. Поликарпов, как универсального методологического подхода для анализа самой разнообразной гидрорадиоэкологической информации и оценки экологических рисков трудно переоценить.

Оригинальные результаты исследований дозовых нагрузок на гидробионтов водоемов зоны ЧАЭС, днепровских водохранилищ, северо-крымского канала и Черного моря излагаются авторами в сравнительном аспекте

с учетом не только молодой смеси продуктов деления, но и отдельных наиболее значительных ^{90}Sr , ^{137}Cs , трансурановых элементов и ^{210}Po .

Выполненная оценка радиационного, химического и сочетанного воздействия на природные популяции гидробионтов цитогенетическими методами позволила авторам решить очень важную задачу количественного установления экологического риска «критических» популяций (видов) при радиоактивном и нерадиоактивном загрязнении.

Оригинальностью и новизной отличаются результаты изучения поведения техногенных радионуклидов как радиотрассеров гидрологических и биохимических процессов в Черном море (гл. 6). Авторы результативно использовали радионуклиды $^{134,137}\text{Cs}$ и ^{90}Sr в качестве трассеров для оценки масштабов, скорости и параметров вертикального водообмена в Черном море. Моделирование, выполненное на основе оригинальных данных о содержании радионуклидов, а также использование солености и ^{90}Sr в качестве трассеров, позволило изучить распределение вод Дуная и Днепра на шельфе Северо-западной части Черного моря и оценить крупномасштабный водообмен акватории, примыкающей к Днепровско-Бугскому лиману, с открытыми водами моря.

Процесс биоседиментации является одним из основных в сложном комплексном механизме деэвтрофикации и самоочищения природных вод. С помощью уранториевого метода учета циркуляции водных масс и динамики фитопланктонных сообществ была получена оценка интенсивности и сезонной изменчивости седиментационных процессов в поверхностном слое Черного моря. Установлено, что суммарный годовой вынос из водной толщи в составе общей взвеси составляет около: $C_{\text{орг}}$ — $23 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$; C — $9,4 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$; N — $1,4 \text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$; Hg — $129 \text{ мкг}\cdot\text{м}^{-3}$, полихлорированных бифенилов — $318 \text{ мкг}\cdot\text{м}^{-3}$. Изучение распределения ^{137}Cs , ^{40}K , ^{232}Th и ^{210}Pb в донных отложениях Черного моря, оценки осадконакопления в различных акваториях показали, что в глубоководной части осадконакопление составляет около $0,4 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$, в то время как в прибрежных акваториях и на континентальном шельфе, где преобладает терригенная седиментация, скорость осадконакопления может превышать $10 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$. Несмотря на преимущественно консервативное поведение ^{90}Sr в морской среде, доказана возможность использования этого радионуклида, наряду с ^{137}Cs , в качестве радиотрассера для определения возраста донных отложений Черного моря. Установив радионуклидное загрязнение глубоководных донных отложений ^{137}Cs полихлорированными бифенилами, пестицидами и поступление биогенных элементов, авторы осуществили радиоизотопную геохронологическую реконструкцию загрязнения и евтрофикации моря.

Начавшееся с середины XX в. интенсивное использование радиоактивных веществ в различных отраслях научной, хозяйственной и военной деятельности человека сопровождалось радионуклидным загрязнением природной среды. Военные испытательные полигоны ядерного оружия спустя многие десятилетия продолжают оставаться радионуклидными аномалиями. Таковы о. Новая Земля (СССР, Россия), Семипалатинский полигон (СССР, Казахстан), полигон в штате Невада (США). В результате крупных аварий на АЭС радионуклидному загрязнению были подвергнуты крупнейшие территории. Площадь загрязнения в Уиндскейле (Селлафильд), Великобритания

ния в 1957 г. составила 500 000 км²; в Челябинской обл., Южный Урал, СССР, 1957 г. — 15 000, в том числе более 10 000 км² пахотных земель; в Чернобыле, СССР, Украина, 1986 г. — 104 200 км².

Биосфера Земли продолжает испытывать прогрессирующее радионуклидное загрязнение в результате эксплуатации горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, реакторов и энергетических установок, радиохимических заводов, регенерирующего облученное ядерное топливо, испытательных и промышленных взрывов, ядерных устройств, космических аппаратов, надводных кораблей и подводных лодок с ядерными двигателями. Колоссальные запасы радиоактивных веществ находятся в ядерных вооруженных силах России, США, Великобритании и других стран в виде стратегических боезарядов, тактических боезарядов, боезарядов на объектах хранения, общих запасов плутония и высокообогащенного урана. Несмотря на миролюбивые заявления и устремления политических лидеров и руководителей ядерных стран, арсеналы ядерного оружия до последнего времени реально не сокращались. В мировой истории имеются немногие примеры добровольного отказа от ядерного оружия. В 1991 г. Южно-Африканская Республика, обладая ядерным оружием, присоединилась к договору о нераспространении ядерного оружия как неядерное государство. В соответствии с принятым Верховным Советом Украины постановлением о безъядерном статусе (1992), ядерное оружие, размещенное на территории Украины, было передано России.

Приведенные примеры свидетельствуют о мужественных решениях правительств этих стран, которые добровольно отказались от ядерного оружия и по существу провели ядерное разоружение в одностороннем порядке. Принимая во внимание огромные количества используемых и хранящихся радиоактивных веществ, периодически происходящие ядерные аварии и катастрофы, применение радиоактивных веществ как оружия, возможность выхода из международного договора о запрете испытаний ядерного оружия, возможности осуществления провозглашенного принципа о превентивных ядерных ударах, а также потенциальный ядерный терроризм, становится вполне очевидной жизненно важная актуальность радиоэкологических исследований экосистем суши, поверхностных вод, морей и океанов. Г. Г. Поликарпов выполнил обстоятельный анализ идеологии антропоцентризма, вскрыл его ограничения и показал, что радиационная защита биосферы, значительно более важный уровень ответственности, требуют дальнейших исследований на основе экоцентрического подхода.

В резюме приводится широкий перечень специалистов, у которых монография вызовет интерес, и хотелось бы добавить: монография представляет большую ценность не только для специалистов, но и для всех тех, кто осознал или способен осознать ответственность человека за сохранение цивилизации и биосферы. Рецензируемая монография является выдающимся событием в развитии радиоэкологии природных вод и несомненно получит широкое признание не только в Украине, но и далеко за ее пределами.

Кузьменко М.И.

Гудков Д.И.

Волкова Е.Н.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев