

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 577.346 (282.247.32)

Т.В.Лаврова, А.И.Дворецкий

*Научно-исследовательский институт биологии
Днепропетровского национального университета*

НАКОПЛЕНИЕ УРАНА В АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТАХ ДНЕПРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Обсуждаются результаты изучения проблемы накопления и распределения природных радионуклидов уранового ряда, поступающих в абиотические и биотические компоненты экосистем Днепровского водохранилища и его притоков от техногенно-усиленных источников (хвостохранилищ радиоактивных отходов г. Днепродзержинска).

В радиоэкологии водоемов ключевыми проблемами являются: изучение динамики содержания радионуклидов в абиотических и биотических компонентах водных экосистем; выявление различных нарушений в деятельности организмов и популяций; определение интегральной поглощенной дозы для организмов при внешнем и внутреннем радиационном воздействии. Наиболее объективную оценку общего состояния экосистем в условиях радиационной нагрузки можно получить с помощью анализа содержания радионуклидов в гидробионтах и оценки отклика биосистем разных уровней организации на действие ионизирующего излучения от радиоактивного загрязнения [1].

Актуальность исследований обусловлена наличием в верхней части Днепровского водохранилища в г. Днепродзержинске техногенно-усиленных источников природных радионуклидов уранового ряда, которыми являются хвостохранилища отходов, образовавшиеся в результате многолетней работы предприятия по переработке урановой руды (бывшее ПО «Приднепровский химический завод»).

Радиоэкологическая ситуация в Днепровском водохранилище определяется особенностями формирования естественного радиационного фона, действием радионуклидов, поступивших в него вследствие аварии на ЧАЭС и в период глобальных выпадений из атмосферы (до 1963 г.), последствиями работы предприятий первичного ядерно-топливного цикла (ПО «ПХЗ») [2].

Урановые объекты бывшего ПО "ПХЗ", на котором с 1948 г. велась переработка уранового сырья, расположены на территории г. Днепродзержинска. За период работы предприятия было создано 9 хвостохранилищ радиоактивных отходов (РАО), в которых находится около 42 млн. т РАО общей активностью $3,17 \cdot 10^{15}$ Бк. По фактическому и потенциальному воздействию на окружающую среду одним из наиболее неблагоприятных радиационных объектов является хвостохранилище «Днепровское» («Д»). Оно расположено в непосредственной близости от завода на берегу р. Коноплянка в пойменном участке р. Днепр. Хвостохранилище формировалось гидронамывным способом, при этом противифльтрационные барьеры, как в теле дамбы, так и в основании чаши не были заложены. Всего в нем захоронено 5,6 млн. т отходов переработки урановых руд с остаточным содержанием урана до 0,023%, которые перекрыты слоем фосфогипса до 12 м с объемом около 3,04 млн. м³ [3].

В результате фильтрации естественные радионуклиды (ЕРН) поступают в р. Коноплянка и далее в Днепровское водохранилище, накапливаются в донных отложениях, водной растительности и в других гидробионтах. Среднегодовой вынос ЕРН в водную систему р. Днепр с водами р. Коноплянка составляет: $^{238}\text{U} - 5,5 \cdot 10^{10}$ Бк; $^{226}\text{Ra} - 1,9 \cdot 10^{10}$ Бк; $^{210}\text{Pb} - 4,4 \cdot 10^{10}$ Бк; $^{210}\text{Po} - 8,8 \cdot 10^9$ Бк [4].

Содержание урана-238 и радия-226 в воде водохранилища наблюдается на уровнях значительно ниже допустимых концентраций (ДК_Б), установленных НРБУ-97 для питьевой воды (не более 0,03-0,06 ДК_Б). Однако по данным наблюдений содержание этих радионуклидов увеличивается в воде водохранилища ниже по течению на участке до с. Карнауховка [3].

На первом этапе исследований для предварительной оценки влияния радиоактивных отходов хвостохранилища на экосистемы Днепровского водохранилища изучалась динамика содержания общего количества изотопов урана в абиотических (вода, донные отложения) и биотических компонентах (высшая водная растительность) как в зоне влияния хвостохранилища «Д» (р. Коноплянка), так и на участках Днепровского водохранилища, которые расположены выше и ниже от зоны влияния.

Содержание общего урана определяли фотоколориметрически с арсеназо-III. Фотометрирование проводилось при длине волны 630 нм в кювете 20 мм. Чувствительность метода до 1 мкг урана в пробе.

Воспроизводимость при определении урана в воде составляет 10%, для донных отложений и растительности – 20%.

По данным, полученным в результате обработки материала, собранного во время комплексных гидробиологических экспедиций (2000-2003 гг.) в Днепровском водохранилище, содержание урана в воде водохранилища находилось в пределах 1,0-8,0 мкг/л (25-200 мБк/л). Статистически достоверных различий в содержании валового урана в воде верхней и нижней частей водохранилища не обнаружено. Его содержание находилось на уровне 1-4 мкг/л (25-100 мБк/л) в весенний и осенний и 5-8 мкг/л (125-200 мБк/л) в летний периоды. В воде р. Коноплянка в зоне влияния хвостохранилища «Д» наблюдались наиболее высокие концентрации урана до 18-27 мкг/л (450-675 мБк/л).

В донных отложениях Днепровского водохранилища содержание урана изменялось в пределах 0,8-5,3 мг/кг (20-132 Бк/кг) или $0,8-5,3 \cdot 10^{-4}$ % сухого веса в зависимости от доли в них глинистых минералов и органического вещества ($r = 0,73$ при 0,05 уровне значимости). Кларковое (естественное) содержание урана в почвах составляет $0,1-0,9 \cdot 10^{-4}$ % [5].

Самые низкие значения характерны для песчаных донных отложений в верхней части Днепровского водохранилища, где содержание урана находилось на уровне 0,5-0,8 мг/кг (13-20 Бк/кг). Более высокие значения (4,5-5,3 мг/кг или 113-133 Бк/кг) содержания урана наблюдалось в донных отложениях нижней части водохранилища, где они представлены глинистыми илами, что обусловлено высокой сорбционной способностью глинистых частиц [5].

На участке р. Коноплянка в районе влияния хвостохранилища «Д» содержание общего урана в донных отложениях в 2-5 раз выше, чем в соответствующих типах донных отложений Днепровского водохранилища. В илах р. Коноплянки содержание урана в 2-5 раз выше, чем в песчаных донных отложениях и составляет 5,3-14,2 мг/кг (133-355 Бк/кг).

Распределение радионуклидов в водных экосистемах в значительной степени определяется особенностями их абиотических и биотических компонентов. По сравнению с другими представителями водной биоты высшие водные растения, обладая рядом преимуществ, являются одними из наиболее удобных объектов радиоэкологического мониторинга [1].

Макрофиты являются основным компонентом биоценозов мелководий. В круговороте вещества и энергии в водной экосистеме им принадлежит ведущая роль. Продуцируя в процессе сезонного развития большое количество биомассы, водная растительность поглощает значительное количество тех или иных альтерогенов, выполняя функцию своеобразного биофильтра. Поэтому макрофитная растительность рассматривается как важный фактор самоочищения водоемов в прибрежной зоне.

Установлено, что накопительная способность водной растительности зависит от видовых особенностей и экологической спецификации. Поэтому накопление урана изучалось в представителях разных экологических групп: воздушно-водных растениях (тростник обыкновенный *Phragmites australis* (Cav.) Trin., рогоз узколистный *Typha angustifolia* L., осока острая *Carex acuta* L.); погруженных укорененных (рдест пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* L., р. гребенчатый *P. pectinatus* L., наяда морская *Najas marina* L., уруть колосистая *Myriophyllum spicatum* L.); погруженных неукорененных (роголистник темно-зеленый *Ceratophyllum demersum* L.); свободноплавающих на поверхности без связи с дном растениях (многокоренник обыкновенный *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.).

Определение урана в водной растительности показало, что его содержание колеблется в пределах 0,09-1,72 мг/кг сухого веса (2,3-43 Бк/кг) в зависимости от видовых особенностей и экологической спецификации. В группе воздушно-водной растительности на участках Днепровского водохранилища уран содержится в пределах 0,09-0,31 мк/кг (2,3-7,8 Бк/кг), а в группе погруженной растительности – 0,42-1,72 мг/кг (10,5-43,0 Бк/кг). В зоне влияния хвостохранилища «Д» на участках р. Коноплянка содержание урана в макрофитах в 2-5 раз выше, чем в водохранилище, составляя в воздушно-водных видах 0,2-0,86 мг/кг (5-21,5 Бк/кг), в погруженных видах – 0,82-4,07 мг/кг (20,5-102 Бк/кг) сухого веса. Увеличение содержания общего урана в воздушно-водной растительности наблюдается в 4 раза в тростнике обыкновенном, 2-4 раза – в рогозе узколистном, 2,5-6 раз – в осоке острой; в погруженной растительности: в 4 раза – в рдесте гребенчатом, в 1,5-2 раза – в рдесте пронзеннолистном по сравнению с его содержанием в соответствующих видах на участках водохранилища.

Как известно, растения лишь пассивно захватывают уран, растворенный в воде. Накопление урана растениями в условиях радиоактивного загрязнения, может достигать больших значений, главным образом, за счет адсорбции урана поверхностью растений [6].

Виды растений из группы погруженной растительности в 4-5 раз больше накапливают уран по сравнению с видами из воздушно-водной экологической группы как на фоновых участках, так и в зоне влияния хвостохранилища «Д».

В ряду увеличения содержания общего урана виды погруженной растительности можно расположить в такой последовательности: рдест гребенчатый < рдест пронзеннолистный < наяда морская < роголистник темно-зеленый < уруть колосистая < многокоренник обыкновенный.

В группе погруженных растений наблюдается также превышение значений коэффициентов накопления как относительно воды ($КН_v$), так и относительно донных отложений ($КН_d$) по сравнению с их значениями в видах воздушно-водной растительности: $КН_v$ – в 2-5 раз, $КН_d$ – в 6-10 раз.

В группе воздушно-водной растительности отмечается зависимость уровня $КН_v$ и $КН_d$ от типа донных отложений: значения $КН_v$ у растений, произрастающих на глинистых донных отложениях, в 2 раза выше по сравнению с растениями, произрастающими на песках, а для $КН_d$ наблюдается обратная зависимость (рис. 1, 2).

У рдеста пронзеннолистного (из группы погруженных укорененных растений) и роголистника темно-зеленого (из группы погруженных не укорененных растений) значения $КН_v$ на всех исследуемых участках достоверно не отличаются, что говорит о его прямой зависимости от содержания урана в воде.

В зоне влияния хвостохранилища «Д» в группе воздушно-водной растительности отмечается увеличение уровня $КН_v$ в 1,5-2 раза, а $КН_d$ – в 2-8 раз. Максимальное превышение уровня как $КН_v$, так и $КН_d$ в 4 раза в группе погруженной растительности наблюдается у рдеста гребенчатого, а у рдеста пронзеннолистного и роголистника темно-зеленого превышение уровня в 1,5-2 и 1,5 раза, соответственно, наблюдается только для $КН_d$.

Хотя $КН$ воздушно-водной экологической группы на порядок меньше, чем у группы погруженных растений, однако за счет превышения объема продуцируемой фитомассы за вегетационный период

роль воздушно-водных растений в извлечении урана из воды и донных отложений значительно выше.

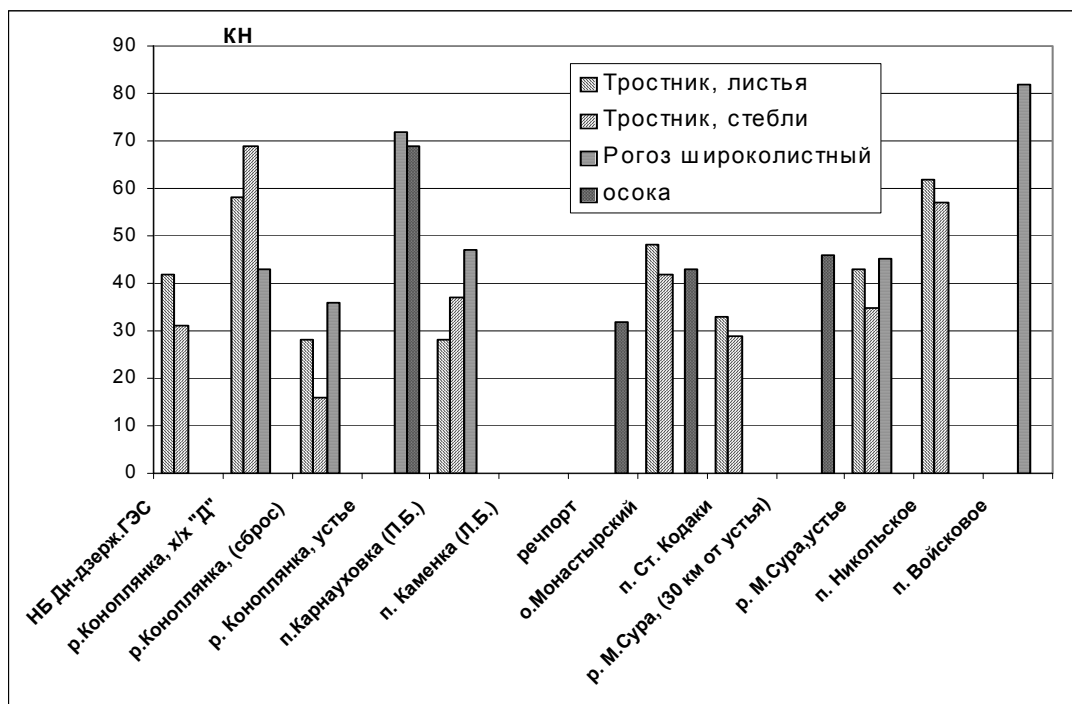


Рис. 1. Коэффициенты накопления урана относительно воды (KN_B) в видах воздушно-водной растительности

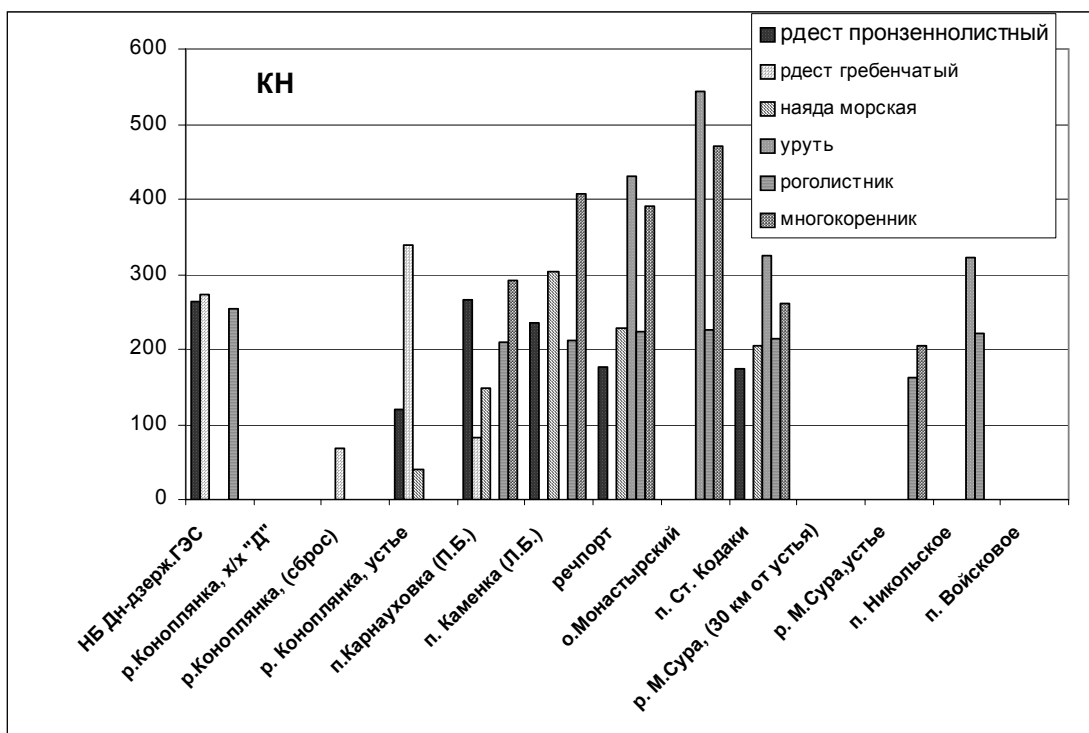


Рис. 2. Коэффициенты накопления урана относительно воды (KN_B) в видах погруженной растительности

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о наличии факта влияния и продолжающегося накопления радионуклидов уранового ряда в элементах водной экосистемы водохранилища в результате выноса урана из хвостохранилища. Вместе с тем недостаток данных систематических наблюдений не позволяет пока рассчитать составляющие баланса потока урана в элементах водной экосистемы. В 2003 г. отобраны грунты и водные растения из отстойника р. Коноплянка с целью определения ежегодной компоненты депонированной части урана в биомассе и абиотических компонентах водоемов. Это позволит оценить соотношения депонированной части урана в абиотических и биотических компонентах экосистемы с целью обоснования стратегии управления потоками природных радионуклидов из урановых хвостохранилищ методами фитореабилитации.

* *

Обговорюються результати вивчення проблеми накопичення та поширення природних радіонуклідів уранового ряду, які надходять в абіотичні та біотичні компоненти екосистем Дніпровського водосховища та його приток від техногенно-посилених джерел (хвостосховищ радіоактивних відходів м. Дніпродзержинська).

* *

1. Кузьменко М.І., Романенко В.Д., Деревець В.В. та ін. Радіонукліди у водних екосистемах України. Вплив радіонуклідного забруднення на гідробіоти зони відчуження. – К.: “Чорнобильінтерінформ”, 2001. – 320 с.

2. Белоконь А. С., Дворецкий А. И., Лаврова Т. В., Новицкая О. А. Современная радиологическая ситуация в Днепровском водохранилище. // Тезисы докладов по радиационным исследованиям. Радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность. – М., 2001. – С. 520.

3. Коровин В.Ю., Коровин Ю.Ф., Кошик Ю.И., Шматков Г.Г. и др. Проблема радиоактивного загрязнения территории в результате переработки урановых руд // Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі. – К., 2001.– С. 461-476.

4. Сорока Ю.Н. Особенности развития радиоэкологического мониторинга окружающей среды на урановых объектах // Сборник научных трудов Национального горного университета. – № 14. – Т.1. – С. 159-167.

5. Сауков А.А. Радиоактивные элементы Земли. – М.: Госатомиздат, 1961. – 160 с.

6. Верховская И.Н., Попова Э.И., Власова Т.А., Есова Г.И. Распределение естественно-радиоактивных элементов по основным компонентам природных водных микробиогеоценозов // Радиозэкологические исследования в природных биогеоценозах. – М.: Наука, 1972. – С. 124-147.