

УДК 502.211: 597.2

НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ПРІСНОВОДНИМИ РОСЛИНАМИ І ТВАРИНАМИ

А.І. Дворецький, доктор біологічних наук, професор;

В.В. Рожков, кандидат с.-г. наук, доцент

Л.А. Байдак, доктор філософії, ст. науковий співробітник
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Анотація. Велика розмаїтість форм і висока продуктивність водної флори і фауни в прісноводних водоймах створює необхідні умови для значного їх впливу на міграцію і розподіл радіонуклідів в системі вода - прісноводні рослини і тварини. Проаналізовано шляхи, умови накопичення, концентрації радіонуклідів прісноводними гідробіонтами та їх наслідки, застосування організмів-біоіндикаторів для прогнозування змістів забруднюючих речовин в інших компонентах водних біоценозів.

Ключеві слова: вода, екологія, прісноводні водорості, тварини, риба, радіонукліди, концентрації, біоіндикатори.

Постановка проблеми. В умовах антропогенного і техногенного навантаження на природу вивчення питань надходження радіонуклідів у водні об'єкти і накопичення їх водними рослинами і тваринами має важливе практичне значення для біосфери в цілому і життєдіяльності людини зокрема.

Роль прісноводних рослин в процесах концентрування радіонуклідів з водного середовища вперше зазначив В. І. Вернадський [1].

В даний час встановлено, що водорості концентрують в собі більшу частину радіонуклідів сильніше, ніж вищі водні рослини. Нитчасті водорості мають більш високий коефіцієнт накопичення (КН) в порівнянні з одноклітинними. Харові водорості характеризуються переважаючим накопиченням стронцію-90. Серед водоростей є види з дуже високими показниками КН, так звані «специфічні накопичувачі». Специфічні накопичувачі шести-восьми різних радіонуклідів одночасно використовують як біоіндикатори при оцінці рівня радіоактивного та хімічного забруднення водного середовища. Застосування організмів-біоіндикаторів в ряді випадків дозволяє виключити трудомісткі роботи зі збору, підготовки та аналізу великих обсягів води, що містять ультрамалі концентрації забруднювачів. За допомогою біоіндикаторів можна також прогнозувати зміст забруднюючих речовин в інших компонентах водних біоценозів [4, 8].

Група харових водоростей відрізняється порівняно високими коефіцієнтами накопичення стронцію-90, тому всі види харових водоростей можна віднести до числа біоіндикаторів цього радіонукліда. Серед вищих водних рослин біоіндикаторів стронцію-90 може служити рдесник сплющений, цезію-137 - ряска мала. Вивчення накопичення фітобонтами природних радіонуклідів показало, що торій-232 накопичується сильніше, ніж уран-238 і радій-226. Цей факт можна, мабуть, пояснити властивостями хімічних елементів і формою їх знаходження.

Радій і уран вищими водними рослинами накопичується сильніше, ніж водоростями, а торій - навпаки, водоростями [2].

Найбільш потужними накопичувачами торію-232 є *C. ellipsoidea*, *S. oaeuminatus*, *C. fracta*, *M. Spicatum*, урану-238 - *R. conferooids*, *P. perfoliatus*, *U. vulgaris*, *P. luceus*, радію-226 - *L. Trisula*, *S. Acuminatus*.

Відзначено залежність накопичення стронцію-90 і цезію-137 від екологічних особливостей рослини (табл. 1).

Таблиця 1

**Коефіцієнти накопичення стронцію-90 і цезію-137 у рослин різних екологічних груп
(усереднені дані)**

Екологічна група	Стронцій-90	Цезій-137
Плаваючі на поверхні води	860	3440
Занурені в воду, що не мають зв'язку з дном	670	830
Занурені у воду, прикріплені до дна	420	590
Занурені, прикріплені до дна з плаваючим на поверхні води листям	270	790
Прибережно-водні	150	600

Найбільш високими коефіцієнтами накопичення володіє група плаваючих на поверхні води рослин, а найбільш низькими - прибережно-водні та занурені у воду, прикріплені рослини.

Слід зазначити, що накопичення радіонуклідів прісноводними рослинами залежить як від концентрації у воді відповідних стабільних ізотопів хімічних елементів (ізотопних носіїв), так і від вмісту в ній макроелементів-аналогів (неізотопних носіїв). При стабільному фізико-хімічному стані елемента у воді і інших рівних умовах в області мікроконцентрацій (від 10⁻¹² до 10⁻⁵) - 10⁻⁴ М) проявляється пряма залежність між концентрацією елемента у воді і рослинах. В області макроконцентрацій, що перевищують 10⁻⁵ - 10⁻⁴ М, відзначається зворотна залежність КН від концентрації хімічних елементів у воді. Так, накопичення стронцію-90 і цезію-137 знаходиться в зворотній залежності від вмісту у воді кальцію + магнію і калію відповідно. Встановлена певна залежність накопичення водоростями радіонуклідів від лужно-кислотних умов (рН) середовища. Поглинання стронцію-90 зростає зі збільшенням рН водного середовища. Це пояснюється тим, що стронцій разом з кальцієм включається в процес карбонат-утворення, залежать від рН, і відкладення карбонатного осаду на поверхні рослин. Накопичення цезію-137 рослинами не залежить від рН середовища, оскільки при значеннях рН мікрокількість цезію знаходиться в розчині у формі катіонів, не утворюючи колоїдів.

Світло грає першочергову роль в життєдіяльності рослин, будучи основним джерелом енергії для синтезу органічних сполук. Встановлено, що у водних рослин КН стронцію-90 і цезію-137 зростає зі збільшенням освітленості. Однак є й інші дані [6]. Аналіз сукупності експериментальних даних показує, що відмінності в накопиченні радіонуклідів в залежності від режиму освітлення можуть бути пов'язані з неоднаковими механізмами їх поглинання водоростями. Чим більше роль процесів активного транспорту в перенесенні радіонуклідів, тим більша залежність їх накопичення від світлового фактора.

Температурний фактор також має певне значення в накопиченні радіонуклідів водними рослинами. Прогрів води значно збільшує накопичення кообальта-60, в меншій мірі -

накопичення інших радіонуклідів. Протягом сезону КН радіонуклідів у прісноводних рослин можуть варіювати кілька разів.

В кінці вегетаційного періоду основна маса рослин відмирає. У процесі розкладання рослинні тканини зазнають структурного і біохімічного перетворення і, опускаючись на дно, формують шар донних відкладень водойми. Встановлено, що стронцій-90 накопичується живими рослинами в більшій мірі, ніж відмираючими. На відміну від стронцію-90 цезій добре накопичується залишками відмерлих рослин. У міру накопичення залишків рослин накопичувальна здатність збільшується. Таким чином, відмираюча водна рослинність, поряд з живими рослинами, грає велику роль в долі радіонуклідів, які потрапили у водойму. цезію-137, церію-144) в донні відкладення. Однак найбільш рухливі радіонукліди, наприклад, стронцій-90, можуть вивільнятися з розкладаються тканин і переходити у водне середовище, включаючись в повторні цикли.

Важливе значення має міцність фіксації радіонуклідів в живій і відмираючій масі рослин. Стронцій-90, цезій-137 міцніше фіксуються в живих рослинах, ніж в відмираючих. Встановлено прямий зв'язок між величиною КН радіонуклідів і міцність їх фіксації в рослини. Чим вище КН, тим міцніше радіонукліди фіксуються в живих і відмерлих тканинах. Стронцій-90 з живих і мертвих тканин виділяється приблизно однаково, а цезій сильніше виділяється з мертвих тканин. Чим триваліше час перебування рослин в забрудненому радіонуклідами водному середовищі, тим міцніше нукліди закріплюються в рослинних тканинах. Наведені вище дані вказують на велику роль водних рослин в міграції і розподілі радіонуклідів у водному середовищі [2, 3, 4, 5].

Накопичення радіонуклідів представниками прісноводної фауни до теперішнього часу вивчено недостатньо. Наявні дані показують, що водні рослини в середньому мають більш високий коефіцієнт накопичення, ніж тварини. Окремі види тварин можуть служити біоіндикаторами відповідних нуклідів. Так стронцій-90 та ітрій-91 інтенсивно накопичуються великим ставковиками (*L. Stagnabs*), йод-131 - пуголовками жаб, а цезій-137 - представниками ракоподібних.

Серед водних тварин дніпровських водосховищ молюски по біомасі є домінуючою групою. Це один з основних компонентів раціону багатьох промислових видів риби, для яких служить найважливішим джерелом накопичення радіонуклідів займає важливе місце в трофічному ланцюзі, що веде до людини. Особливості життєдіяльності таких прісноводних молюсків як дрейсена і уніонда - найбільш активних фільтраторів серед двостулкових, визначають їх суттєву роль у видаленні радіонуклідів з водної товщі з детритом. Радіонукліди, видалені з водного середовища молюсками-фільтраторами, складають 99% усієї кількості радіоактивних речовин, що пройшли через популяції цих гідробіонтів. Так, з 1990 р. близько 10% усієї кількості стронцію-90, що знаходиться в донних відкладеннях дніпровських водосховищ, представлено раковинами відмерлих в 1986-1989 роках молюсків [7]. З огляду на це, можна говорити про значну роль молюсків для визначення кількісних характеристик і встановлення закономірностей поведінки радіонуклідів, а також управління радіоекологічною ситуацією в водоймах.

Риби, що представляють в водних екосистемах вищі трофічні рівні, безпосередньо пов'язані з харчовими ланцюгами людини, є об'єктами численних радіобіологічних досліджень. На підставі численних робіт показано, що вміст стронцію-90 і цезію-137 в організмах риби залежить від вмісту у воді їх хімічних аналогів. Визначальним фактором у накопиченні цезію-137 рибами служить величина відношення цезій-137/калій в воді. Рівень накопичення цезію-137 рибами в

різних озерах прямо пропорційний вмісту калію у воді. Подібна закономірність спостерігається для накопичення стронцію-90 в залежності від вмісту кальцію у воді. Риба в оліготрофних озерах містить більше цезію-137, ніж риба з евтрофних водойм. При підвищенні температури накопичення радіонуклідів в організмі риб збільшується. Зниження рівня кисню у воді призводить до зменшення накопичення радіонуклідів.

Кінцевою ланкою трофічного ланцюга є хижа риба, яка накопичує радіоактивний цезій більшою мірою, ніж риби змішаного типу харчування і фітофаги (ефект трофічних рівнів). В її організмі рівень цезію-137 значно вище, ніж вміст стронцію-90 (в окремих випадках більш, ніж в 600 разів). Стронцій-90 переважно накопичується в кістках, плавцях, лусці, хрящах, тоді як цезій-137 міститься головним чином в м'язах. Основним джерелом надходження цезію-137 і стронцію-90 в організм риб є їжа, а не вода. У всіх досліджених риб накопичення стронцію-90 і цезію-137 не залежить від статі. Ікра накопичує значно меншу кількість радіонуклідів, ніж тіло риб.

Висновки. Водорості сильніше концентрують в собі більшу частину радіонуклідів, ніж вищі водні рослини. Нитчасті водорості мають більш високий коефіцієнт накопичення (КН) в порівнянні з одноклітинними. Найбільш високими коефіцієнтами накопичення володіє група плаваючих на поверхні води рослин, а найбільш низькими - прибережно-водні та занурені у воду, прикріплені рослини. Застосування організмів-біоіндикаторів

дозволяє прогнозувати зміст забруднюючих речовин в інших компонентах водних біоценозів. Чим більше роль процесів активного транспорту в перенесенні радіонуклідів, тим більша залежність їх накопичення від світлового фактора. Температурний фактор також має певне значення в накопиченні радіонуклідів водними рослинами. Зниження рівня кисню у воді призводить до зменшення накопичення радіонуклідів.

Риба в оліготрофних озерах містить більше цезію-137, ніж риба з евтрофних водойм. При підвищенні температури накопичення радіонуклідів в організмі риб збільшується. Водні рослини в середньому мають більш високий коефіцієнт накопичення, ніж тварини.

Бібліографічний список

1. Вернадский В. И. О концентрации радия растительными организмами // Докл. АН СССР. Сер. А. – 1930. – Т. 20. – с. 539-542
2. Дворецкий А. И., Белоконь А. О., Самуськова С. А. Распределение радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в воде и донных отложениях Запорожского водохранилища // Матер. науч. конф. «Проблемы экологической оптимизации землепользования и водохозяйственного строительства в бассейне р. Днепр». – Киев: СОПС, 1992. – Вып. 2. – С. 117-119.
3. Дворецкий А. И., Белоконь А. С., Лубянова В. И. Содержание стронция-90 и цезия-137 в моллюсках и рыбе днепровских водохранилищ // Биология и экология. Вестник Днепропетровского университета. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетровского ун-та, 1993.
4. Искра А. А., Бахуров В. Г. Естественные радионуклиды в биосфере. – М.: Энергоиздат, 1981. – 121 с.
5. Кузьменко М. И. Радиоэкологические исследования водоемов Украинской ССР // Гидробиологический журнал. – 1990. – Т. 26, N. 3. С. 86-99.
6. Сапронова ВО. Особливості накопичення ^{137}Cs організмами риб / В.О.Сапронова, А.В. Горчанок, О.А. Кузьменко // Іхтіологія та морфологія – наукова та практична основа рибицтва: зб. мат-лів Міжн. науково-практ. конф., присвяченої 85-річчю заснування кафедри іхтіології та зоології і 60-річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора Клименка Олега Миколайовича.- Біла Церква: БНАУ, 2017. - С. 18-19.