

УДК [574.5+001](477)(092)

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.12>

ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ГІДРОБІОЛОГІЧНА ШКОЛА. СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК ПРІСНОВОДНОЇ РАДІОЕКОЛОГІЇ В УКРАЇНІ

Байдак Л.А. – к.іст.н., пров.н.с.,

Сапронова В.О. – к.с.-г.н., доцент,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

leonidbajdak@gmail.com

Стаття присвячена історії становлення і розвитку прісноводної радіоекології в Україні, що тісно пов'язана з розвитком ядерної енергетики.

Розглянуто життя та діяльність І.П. Лубянова, роботи якого заклали основи формування прісноводної радіоекології в Україні. У статті відзначено внесок І.П. Лубянова у вивчення закономірностей міграції й біологічної дії радіонуклідів у компонентах біосфери.

Комплексом робіт І.П. Лубянова з вивчення донної фауни водойм Придніпров'я були закладені основи формування та подальшого розвитку, першої в Україні, школи прісноводної радіоекології. Необхідність об'єктивної й глибокої оцінки впливу на живі організми небезпечного фактору – радіації, була зумовлена розробленням й випробуванням ядерної зброї, розроблення уранових родовищ, інтенсивним розвитком атомної промисловості, використанням радіоізотопів і радіовипромінювання в народному господарстві і медицині.

Розглянуто діяльність професора А.І. Дворецького, яким привнесено вагомий внесок у дослідження радіоактивності води, донних відкладень, організмів планктону та бентосу річок, водосховищ та ставків.

Оцінено результати вивчення радіоекології водойм Придніпров'я, що протягом майже 60 років проводиться колективом дніпропетровських радіоекологів.

На території Дніпропетровської області зараз сконцентровано близько 90 млн. тонн радіоактивних відходів видобутку та переробки уранових руд.

Особливого значення набула діяльність виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (ПХЗ) (м. Дніпродзержинськ), що в період з 1949 по 1991 рік переробляв уранову руду, урановмісні концентрати, доменний шлак. У результаті його діяльності на території виробничого об'єднання та за його межами утворено сім хвостосховищ.

Радіоекологічні дослідження проводяться в абіотичних і біотичних компонентах техногенно трансформованих прісноводних екосистемах Придніпров'я, систематизовані данні по їх радіонуклідному забрудненню, формується карта радіоекологічного стану водойм Придніпров'я, в яких визначаються рівні вмісту природних ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K та штучних ^{90}Sr , ^{137}Cs радіонуклідів.

Ключові слова: дніпропетровська гідробіологічна школа, прісноводна радіоекологія, природні та штучні радіонукліди, вода, донні відкладення, гідробіонти.

Науковий прогрес людства спирається, в першу чергу, на невинний розвиток високотехнологічних галузей виробництва: ядерної енергетики, ракетно-космічної, хімічної, біотехнологічної промисловості та ін. Однак, досить часто, цей розвиток супроводжується виникненням надзвичайних ситуацій, небезпечних для довкілля та життя людей. Оцінка діяльності таких галузей, вивчення історії їх розвитку, зараз набуває важливого значення. Історії становлення та розвитку в Україні прісноводної радіоекології, що тісно пов'язана з розвитком ядерної енергетики, присвячена ця стаття.

Радіоекологія вивчає поширення, накопичення та міграцію радіонуклідів – продуктів ядерних реакцій та займається оцінкою ступеню радіоактивного забруднення територій та розробкою методів мінімізації негативного впливу радіації на життя та здоров'я мешканців. В 50–60 рр. ХХ ст. колективом дніпропетровських гідробіологів під керівництвом Івана Павловича Лубянова було закладено основи нового наукового напрямку в Україні – прісноводної радіоекології, що вивчає закономірності міграції і біологічної дії радіонуклідів у водному середовищі [2, 3].

Народився І.П. Лубянов 21 червня 1921 р. у с. Михайлівка Сахновщанського району Харківської області, в сім'ї селянина-середняка. З вересня 1939 р. до серпня 1941 р. він навчався на біологічному факультеті Дніпропетровського держуніверситету (ДДУ). З серпня 1941 р. до листопада 1945 р. Іван Павлович Лубянов, у лавах Радянській Армії, воював з фашистськими загарбниками. З листопада 1945 р. він продовжив навчання на біологічному факультеті ДДУ, після закінчення якого в серпні 1948 р. починає працювати молодшим науковим співробітником НДІ гідробіології ДДУ. У 1952 р. захистив кандидатську дисертацію на тему «Формування та шляхи реконструкції донної фауни Дніпровського водосховища після відновлення греблі Дніпрогесу» [15]. У 1953–1959 рр. працює старшим науковим співробітником, завідувачем лабораторії гідробіології НДІ гідробіології ДДУ, у 1959–1964 рр. очолює відділ гідробіології та біофізики НДІ гідробіології ДДУ.



Іван Павлович Лубянов

У 1962 році виходить, перша в Україні, стаття І.П. Лубянова з прісноводної радіоекології («Об изучении радиоактивности донных животных пресноводных водоёмов») [16]. У цій публікації увага зосереджена на властивості багатьох прісноводних організмів планктону та бентосу вибірково накопичувати в своїх тілах радіоактивні елементи, акумулюючи та трансформуючи їх. Як дуже важливе можна оцінити положення статті про «необходимость широкого и углубленного изучения влияния малых доз радиоактивных излучений на водных животных и растения». При проведенні цих досліджень вивчалася радіоактивність води, донних відкладів, організмів планктону та бентосу річок, водосховищ та ставків. Види та форми донної фауни, що досліджувалися, входять до складу кормової бази риб, як харчового продукту людини.

Комплексом робіт І.П. Лубянова з вивчення радіоактивності донної фауни водойм Придніпров'я були закладені основи формування та подальшого розвитку, першої в Україні, школи з прісноводної радіоекології. Необхідність об'єктивної оцінки впливу на живі організми небезпечного чинника (радіації) – була обумовлена вступом людства, в 40 роки ХХ ст., в атомну еру розвитку: розроблення й випробування ядерної зброї (Хіросіма й Нагасакі, 1945 р.), розроблення уранових родовищ, інтенсивний розвиток атомної промисловості, використання радіоізотопів і радіовипромінювання в народному господарстві і медицині.

Дніпропетровськ, внаслідок низки причин, стає «урановою столицею» України. З кінця 40-х років ХХ ст. на території Дніпропетровської області розпочинається інтенсивне видобування уранових руд (м. Жовті Води) та виготовлення уранового концентрату (виробниче об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (ПХЗ) [18]. Діяльність означених підприємств призвели до того, що в «дочорнобильський» період, Дніпропетровщина була найбільш радіаційно-забрудненою територією України. Нагальна потреба в оцінці накопичення і міграції радіонуклідів та мінімізації впливу радіації на життя мешканців регіону обумовила появу та інтенсивний розвиток цього наукового напрямку. Дослідження з проблем радіобіології та радіоекології в Придніпровському регіоні розпочинаються з 1959 р., коли Президія АН СРСР ввела напрямом «Основні закономірності й механізм дії ядерних випромінювань на біологічні об'єкти» до складу головних наукових проблем. Голова наукової ради з проблеми «Основні закономірності і механізм дії ядерних випромінювань на біологічні об'єкти» професор О.М. Кузін звернувся до НДІ гідробіології ДДУ з пропозицією залучення установи до розробки цієї проблеми. Підставою для цього було: проведення в НДІ гідробіології ДДУ радіобіологічного семінару (1955 р.), читання курсу лекцій з радіобіології для студентів усіх спеціальностей біологічного факультету (І.П. Лубянов, 1958 р.), придбання

необхідної апаратури та опанування методики роботи з радіоактивними речовинами. Перша публікація І.П. Лубянова з прісноводної радіоекології вийшла в той же рік, коли ця тематика, Постановою Ради Міністрів УРСР № 1370 від 08 грудня 1962 р., була віднесена до числа найважливіших.

Радіоекологічні дослідження в НДІ гідробіології Дніпропетровського держуніверситету, на чолі з кандидатом біологічних наук, доцентом І.П. Лубяновим, розпочалися з вивчення процесів міграції, накопичення й розподілу природних та штучних радіонуклідів у водних екосистемах.

На 1959–1965 рр. було заплановано виконання під керівництвом І.П. Лубянова теми «Вивчення процесів накопичення радіоактивних речовин водною флорою і фауною у зв'язку з вирішенням проблеми біологічної продуктивності й санітарної охорони водойм». Проводились дослідження накопичення природних радіонуклідів типовими організмами-гідробіонтами (Лубянов І.П., Петькова Л.М. та інш.) [1, 19]. Проби для цих досліджень відбиралися на акваторіях Дніпровського, Дніпродзержинського водосховищ, притоках Дніпра: р. Самара, р. Оріль, р. Кінська, Південному водосховищі Криворізького рибгоспу, нагульних ставках рибгоспів «Таромський» та «Каховський», заболочених водоймах долини р. Оріль.



*Рис. Експедиційний відбір радіоекологічних проб.
На веслах – І.П. Лубянов. Дніпровське водосховище, 60-ті рр. ХХ ст.*

У результаті проведених досліджень були встановлені наступні закономірності:

- 1) донні ґрунти є добрим акумулятором радіоактивних речовин;
- 2) коефіцієнти накопичення природних радіонуклідів макрофітами знаходилися в діапазоні від 18 до 20390 одиниць. Влітку, внаслідок більшої

фізіологічної активності рослин, коефіцієнти накопичення були вищими, ніж восени;

3) донні ґрунти в цих водоймах мали коефіцієнти накопичення більш ніж 1000 од.

У цей же період, вивчався вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs в основних компонентах водних екосистем степової зони України. Дослідження проводились у водоймах, що розрізнялися за гідрологічними та гідрохімічними характеристиками (Т.О. Мурзіна, Т.М. Антоненко). Було встановлено, що коефіцієнт накопичення (КН) ^{90}Sr у різних видів гідробіонтів був неоднаковим, значною мірою він визначається видовим різноманіттям гідробіонтів. Значення КН ^{90}Sr формують спадаючий ряд: моллюски>ракоподібні>водна рослинність>риби. Найбільші КН спостерігалися: серед моллюсків – у дрейссени бузької та річкової. Серед водних рослин – у хари, рдеснику пронизанолісного, водопереці колосистій. Серед риб – у ляща, тарані, білого амура, краснопірки, карася. Також, була встановлена залежність ступеня накопичення гідробіонтами ^{90}Sr . Зокрема, у рослин він залежить від виду життєвих форм; у риб – від харчової спеціалізації риби та пори року.

Проводились дослідження рівнів накопичення, розподілу та міграції цезію-137, що потрапляє у водойми: водосховища, затоки, річки степової зони України (Т.М. Антоненко). Дослідження показали, що загальний вміст ^{137}Cs у водоймах, що вивчалися, розподілявся наступним чином: у воді: – 2,0–4,1%, у ґрунтах – 83–94%, у водній рослинності – 2,3–14%, у тваринних об'єктах – 0,3–1,3%. Розподіл за концентраціями, як правило, становив наступний спадаючий ряд: ґрунти > вища водна рослинність > водні тварини > вода. Найбільші концентрації ^{137}Cs відмічені: серед ґрунтів – у чорному мулі; серед водної рослинності – у рдеснику і рогозі. Освітлення на 17–33% підвищувало здатність водної рослинності концентрувати ^{137}Cs . Існує також певна залежність накопичення радіонуклідів цими об'єктами, яка пов'язана зі ступенем антропогенного навантаження на водойми. Також, проводилися роботи з добору організмів-концентраторів для дезактивації радіоактивного забруднення води, розроблялись рекомендації з метою мінімізації потрапляння радіонуклідів до організму людини.

За результатами досліджень були захищені дисертації:

Титова Л.М. «Радиоэкологическое и химическое исследование гидрофлоры водоемов степной зоны Украины»;

Антоненко Т.М. «Радиоэкологические исследования накопления, распределения и миграции ^{137}Cs в водоемах степной зоны Украины».



Рис. Радіоекологічні дослідження.

**Зліва – І.П. Лубянов, посередині – Н.І. Варенко, справа – Л.Д. Беляєв.
Річка Псел, серпень 1964 р.**

У подальшому І.П. Лубянов стає доцентом кафедри гідробіології та іхтіології Дніпропетровського держуніверситету (1964 р.), у 1965–1967 рр. – деканом біологічного факультету ДДУ. У квітні 1967 року І.П. Лубянова призначено директором НДІ гідробіології ДДУ. У 1972 році він захистив докторську дисертацію за темою «Биологические основы защиты гидросооружений от фауны биоценозов обрастания Днепродзержинского и Запорожского водохранилищ (проблемы технической гидробиологии)» [17], з 1974 до 1975 року працював завідувачем кафедри іхтіології та гідробіології біологічного факультету ДДУ. За спогадами доньки Івана Павловича, Вікторії Іванівни, він завжди приділяв пильну увагу розвитку прісноводної радіоекології, проведенню експериментальних досліджень, вбачав у розвитку радіоекології водойм Придніпров'я велике теоретичне та практичне значення.

Дослідження з прісноводної радіоекології продовжилося при виконанні наступних тем:

– 1966–1970 рр. – «Вивчення закономірностей взаємодії між організмами і радіоактивним середовищем» (науковий керівник доцент І.П. Лубянов);

– 1971–1975 рр. – «Вивчення питань радіаційної і хімічної екології водних організмів» (наукові керівники – доцент І.П. Лубянов та старший науковий співробітник А.І. Дворецький);

– 1976–1980 рр. «Розроблення на основі дії іонізуючої радіації на тварин рекомендацій з оцінки генетичної небезпеки впливу зовнішнього середовища» (науковий керівник старший науковий співробітник А.І. Дворецький).

З 1976 року дослідження з прісноводної радіоекології Придніпров'я були продовжені під керівництвом Анатолія Івановича Дворецького.



**Анатолій Іванович
Дворецький**

А.І. Дворецький народився 01 січня 1937 р. у квітучому Приоріллі, в старовинному козацькому селі Дмухайлівка Магдалинівського району Дніпропетровської області. У 1954 р. після закінчення середньої школи він вступив до Харківського ветеринарного інституту, де проявив жвавий інтерес до наукової роботи. Після закінчення у 1959 р. Харківського ветеринарного інституту А.І. Дворецький починає працювати на Дніпропетровській біофабриці, де бере активну участь у розробленні нової біотехнології виробництва ліофільно висушених вакцин для профілактики хвороб тварин. Результати цієї роботи викладені у першій його друкованій роботі «Твёрдая казеиново-кровяная среда для определения концентрации живых пастерелл». У подальшому, інтерес до наукової діяльності, у 1964 році, приводить його до аспірантури Дніпропетровського університету. У 1969 році він захистив кандидатську, у 1987 р. – докторську дисертації. За значні досягнення у науково-педагогічній діяльності у 1970 році він був нагороджений медаллю «За доблестный труд». У 1974 році А.І. Дворецького було призначено заступником директора з наукової роботи НДІ біології, в подальшому – завідувачем кафедри іхтіології, гідробіології і екології ДНУ. У 1989 р. йому було присвоєне вчене звання професора. З 1991 року він – віце-президент Радіобіологічного товариства України, з 1993 р. – академік УЕАН. У 1994 р. отримав почесне звання «Соросівський професор».

З 1990 року, після аварії на Чорнобильській АЕС, коли радіоактивні аерозолі випали на поверхню дніпровських водосховищ, співробітниками лабораторії гідробіології, іхтіології та радіобіології НДІ біології Дніпропетровського національного університету Білоконь Г.С., Лавровою Т.В., Мурзіною Т.О., Ткач Л.М., під керівництвом професора А.І. Дворецького, розгортаються дослідження рівнів вмісту радіонуклідів (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th) в абіотичних та біотичних компонентах техногенно трансформованих прісноводних екосистем Придніпров'я. Вміст ^{90}Sr становив

0,03–0,07 Бк/л. Концентрація стронцію у воді у зв'язку із підтопленням у 1991 році заплави р. Прип'ять та потраплянням забруднених вод з водосховищ, що розташовані вище, підвищилась у 1,6 разів, з 1992 року концентрація стронцію у воді поступово знизилась. З 1994–1995 рр. вміст стронцію у воді стабілізувався й знаходиться на доаварійному рівні. Вміст ^{137}Cs у донних відкладеннях становив у середньому 27,7 Бк/л, що у 1,5–2 рази вище доаварійних показників; у вищій водній рослинності – у 11,6 разів вище, ніж до Чорнобильської аварії [7, 8].

З 1991 до 1995 рр., за програмою Мінчорнобиля НДІ сільгоспродіогії, означеним колективом проводилися роботи з вивчення накопичення радіонуклідів на с/г полях, у ґрунтах та сільськогосподарській продукції під час зрошення забрудненою водою з Дніпра [6, 9]. Також проводились дослідження із вмісту урану–238, у зв'язку з наявністю у верхній частині Дніпровського водосховища хвостосховищ уранових відходів та після прориву в 2000 році захисної дамби і потрапляння природних техногенно-поширених радіонуклідів у Дніпровське водосховище, що є єдиною питною артерією регіону.

У період 1995–2012 років співробітниками лабораторії гідробіології, іхтіології та радіобіології НДІ біології ст. н. с. Г.С. Білоконь, В.І. Лубяновою, Л.М. Ткач, під керівництвом проф. А.І. Дворецького, були продовжені дослідження із вмісту радіонуклідів та визначення коефіцієнтів накопичення у воді, донних відкладеннях та гідробіонтах (водних рослинах, рибах, моллюсках).

У 1996 р. – за серію праць «Вивчення механізмів променевого порушення іонного гомеостазу в клітинах тваринного організму» Президія Національної академії наук України присудила проф. А.І. Дворецькому премію ім. О.В. Палладіна. В 1998 році за вагомий особистий внесок у підготовку кваліфікованих фахівців, плідну наукову і педагогічну діяльність Указом Президента України йому присвоєно почесне звання – «Заслужений діяч науки і техніки України». Професор А.І. Дворецький був організатором проведення 1-го та 2-го радіобіологічних з'їздів України.

Разом зі своїми співробітниками, А.І. Дворецький розробив основи системного підходу до вивчення наслідків радіоактивного і хімічного забруднення водних екосистем, вивчав шляхи надходження радіонуклідів і хімічних полютантів у живі організми і оцінив їх внесок у формування радіаційно-хімічного навантаження, виявив радіобіологічні ефекти на клітинному рівні, що зумовлені порушенням фізико-хімічних особливостей мембран і систем трансмембранного переносу іонів у клітинах, запропонував оригінальні підходи до вивчення хеморецептивних властивостей мембран, вказав на пострадіаційне відновлення їх рецепторних функцій завдяки модуляції енергетики клітини, запропонував нові

підходи у використанні біологічно-активних профілактичних і лікувальних препаратів.



Рис. Відбір радіоекологічних проб під керівництвом проф. А.І. Дворецького. Дніпровське водосховище, квітень 2008 р.

У 2011 р. А.І. Дворецького було запрошено до Дніпропетровського аграрного університету, де він організував та завідував кафедрою водних біоресурсів та аквакультури. Є керівником обласного відділення Радиобіологічного товариств, міжрегіональної неурядової екологічної організації «Світ води». До 2019 року він керував обласним відділенням Гідроекологічного товариства України. Він автор понад 400 наукових праць, у тому числі 4 монографій, 2 довідників, 8 навчальних посібників, 4 винаходів, які захищені авторськими свідоцтвами.

Діяльність Дворецького А.І. відома за кордоном: опублікував понад 100 наукових праць у міжнародних виданнях. Член Європейського радіобіологічного товариства, Міжнародного радіоекологічного союзу, Європейської біоелектромагнітної асоціації.

Дворецький А.І. приймав активну участь у підготовці кадрів вищої кваліфікації, був науковим керівником та консультантом аспірантів та докторантів. За його керівництва була виконана значна кількість кандидатських та докторських дисертацій. Він систематично виступав офіційним опонентом при захисті кандидатських і докторських дисертацій.

На теперішній час колектив дніпропетровських радіоекологів продовжує радіоекологічні дослідження техногенно трансформованих пріс-

новодних екосистем водойм Придніпров'я, що протягом майже 60 років проводились колективом послідовників проф. І.П. Лубянова, проф. А.І. Дворецького [4, 5, 10–14]. Слід підкреслити, що радіоекологічне забруднення водойм Придніпров'я проходило в різні періоди з різних джерел:

1. Створення ядерної зброї в період холодної війни та проведення інтенсивних ядерних випробувань призвели до глобального забруднення земної кулі, в тому числі до радіоекологічного забруднення Придніпров'я штучними радіонуклідами ^{137}Cs , ^{90}Sr .

2. У цей же період, з 1949 р., у Дніпропетровській області розпочинається видобуток та переробка уранових руд (м. Жовті Води і м. Кам'янське (Дніпродзержинськ)). Водойми Придніпров'я почали забруднюватися техногенно-посиленими природними радіонуклідами (уран-238, радій-226, свинець-210, полоній-210, торій-232). На сьогоднішній день в Україні розвідано 21 родовище уранових руд. Більша частина з розвіданих в Україні родовищ уранових руд розташована у водозбірних та дренажних зонах басейну Дніпра, у Дніпропетровській, Кіровоградській і Миколаївській областях. Зараз на території Дніпропетровської області сконцентровано біля 90 млн. тонн радіоактивних відходів видобутку та переробки уранових руд. Особливого значення набула діяльність виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (ПХЗ) (м. Дніпродзержинськ), що в період з 1949 по 1991 рік переробляло уранову руду, урановмісні концентрати, доменний шлак. У результаті його діяльності на території виробничого об'єднання та за його межами утворено сім хвостосховищ («Західне», «Центральний Яр», «Південно-східне», «Дніпровське», «Сухачівське» (перша та друга секції) та «Лантанова фракція»), два хвостосховища відходів уранового виробництва («ДП-6» та «База С») і цех для отримання окису-закису урану з азотнокислих розчинів (будівля № 103).

У хвостосховищах накопичено до 42 млн. тонн відходів переробки уранових руд загальною активністю $2,7 \times 10^{15}$ Бк (середня питома активність – 6,4 кБк/кг), а у сховищах відходів уранового виробництва «ДП-6» та «База С» накопичено до 0,2 млн. тонн відходів уранового виробництва загальною активністю $4,4 \times 10^{14}$ Бк (середня питома активність – 2,2 МБк/кг). Загальна площа хвостосховищ – 2,43 млн. м², а сховищ відходів уранового виробництва – 0,25 млн. м². Потужність експозиційної дози перебуває в межах від 30 до 35000 мкР/г.

3. Аварія на ЧАЕС (1986 р.) призвела до забруднення Дніпровського водосховища ще і радіонуклідами Чорнобильської аварії: ^{137}Cs і ^{90}Sr . У результаті всього вищезазначеного на території Придніпров'я сформувався коктейль з природних, штучних радіонуклідів, хімічних токсикантів, що і надалі продовжують забруднювати досить техногенно трансформовані прісноводні екосистеми водойм Придніпров'я.

У результаті проведених досліджень встановлено, що середній вміст **природних** радіонуклідів у воді техногенно трансформованих прісноводних екосистем водойм Придніпров'я становить:

^{238}U – 0,006-912 Бк/л., ^{226}Ra – 1,05 Бк/л., ^{232}Th – 0,47 Бк/л., ^{210}Po – 0,47 Бк/л., ^{40}K – 4,89 Бк/л.;

середній вміст **штучних** радіонуклідів становить: ^{137}Cs – 0,24 Бк/л., ^{90}Sr – 0,07 Бк/л.

Середній вміст **природних** радіонуклідів у донних відкладах водойм Придніпров'я становить: ^{226}Ra – 226 – 3,7 – 44,3 Бк/кг; ^{232}Th – 232 – 2,94 – 60,0 Бк/л., ^{40}K – 40 – 21,3 – 222,0 Бк/кг,

середній вміст **штучних** радіонуклідів ^{137}Cs становить 2,77 – 32,2 Бк/л.

Середній вміст **природних** радіонуклідів у фітопланктоні водойм Придніпров'я становить: ^{226}Ra – 359,73 Бк/кг; ^{232}Th – 159,42 Бк/л., ^{40}K – 1889 Бк/кг,

середній вміст **штучних** радіонуклідів: ^{137}Cs становить 78,13 Бк/л., ^{90}Sr – 30,02 Бк/л. Найбільші показники забруднення ^{137}Cs були відмічені у синьо-зелених водоростей – 185,0 Бк/кг, а найменші у діатомових водоростей – 7,2 Бк/кг. Забруднення ^{90}Sr було в межах 10,1–27,8 Бк/кг. Найбільше забруднення стронцієм у діатомових водоростей, найменше – у синьо-зелених.

Вміст **природних** радіонуклідів у зануреній водній рослинності водойм Придніпров'я становить: ^{226}Ra – 158,1 Бк/кг; ^{232}Th – 107,96 Бк/л., ^{40}K – 586,44 Бк/кг. Вміст **штучних** радіонуклідів становить: ^{137}Cs – 36,17 Бк/л., ^{90}Sr – 5,91 Бк/л.

У прісноводних видів риби, які є промисловими видами для водойм Придніпров'я виявлено радіонукліди **природного** походження – ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th та **штучні** радіонукліди ^{137}Cs і ^{90}Sr . Вміст радіонуклідів в промислових видах риби є нижчим від існуючих в Україні допустимих рівнів для риби як харчового продукту. Найбільший вміст ^{40}K , ^{226}Ra , та ^{232}Th був відмічений у карася, що пов'язано з придонним способом його життя та типом живлення – еврифаг. Наступною за ступенем накопичення радіонуклідів є щука, що пов'язано з хижацьким способом життя та накопиченням радіонуклідів за рахунок їх переходу по харчовому ланцюгу. Наступні види риби накопичують радіонукліди згідно з трофічним рівнем, який вони займають, та вмістом токсикантів в кормових ресурсах. Максимальний коефіцієнт накопичення ^{137}Cs спостерігався також у щуки; максимальний коефіцієнт накопичення ^{90}Sr – у чехоні. За типом харчування хижі види риби накопичували більше штучних радіонуклідів.

Зараз колективом дніпропетровських радіоекологів формується карта радіоекологічного стану водойм Дніпропетровської області, з визначенням рівнів вмісту природних (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) та і штучних (^{90}Sr , ^{137}Cs) радіонуклідів.

DNIPROPETROVSK HYDROBIOLOGICAL SCHOOL. FORMATION AND DEVELOPMENT OF FRESHWATER RADIOECOLOGY IN UKRAINE

*Bajdak L.A. – Candidate of Historical Sciences, Leading Researcher;
Sapronova V.O. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer
Dnipro State Agrarian and Economic University,
leonidbajdak@gmail.com*

The article is devoted to the history of the formation and development of freshwater radioecology in Ukraine, which closely related to the development of nuclear energy.

We considered the life and activities of I.P. Lubyayov in this article, whose research works became the base of the foundations and formation of freshwater radioecology in Ukraine. We note I.P. Lubyayov contribution to the study of the laws of migration and biological effect of radionuclides in the components of the biosphere. The complex of Lubyayov scientific works on the study of the bottom fauna of the Dnieper reservoirs became the foundations for the formation and further development of the first freshwater radioecology school in Ukraine. The need for an objective and depth assessment of the effect a dangerous factor - radiation on living organisms was due to the development and testing of nuclear weapons, the development of uranium deposits, the intensive development of the nuclear industry, the use of radioisotopes and radio emissions in the national economy and medicine.

It was reviewed professional activity of Prof. A.I. Dvoretzky in this article, who made a significant contribution to the study of radioactivity of water, sediments, plankton and benthos organisms of rivers, reservoirs and ponds.

The results of the scientific research of the Dnieper reservoirs radioecology, which have been conducted by a team of Dnipropetrovsk radioecologists for almost 60 years, were evaluated. About 90 million tons of radioactive waste from the extraction and processing of uranium ores are currently concentrated in the Dnipropetrovsk region. The activity of the production association «Pridneprovsky Chemical Plant» (PCP) (Dneprodzerzhinsk), which processed uranium ore, uranium concentrates, blast furnace slag during the period since 1949 to 1991, have been especially importance significance. As a result of the activity of association PCP, seven tailings ponds have been formed on the territory of the production association and beyond its borders.

Radioecological studies are carried out in abiotic and biotic components of technogenically transformed freshwater ecosystems of the Dnieper. In the process of research data on their radionuclide contamination are systematized, a map of the radioecological status of the Dnieper reservoirs is formed, the levels of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{226}Ra , ^{137}T natural radionuclides and level of ^{90}Sr , ^{137}Cs artificial radionuclides are determined.

Keywords: Dnipropetrovsk Hydrobiology School, freshwater radioecology, natural and artificial radionuclides, water, sediments, hydrobionts.

ЛІТЕРАТУРА

1. Архів Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара. Ф. 1. Дніпропетровський державний університет, м. Дніпропетровськ.

- оп. 1. Спр. 5279. Особова справа. Петькова Людмила Михайловна, 31 арк.
2. Байдак Л.А. З історії радіоекологічних досліджень в ДНУ: матеріали VIII Міжнар.наук-практ.конф. «Вода: проблемы и решения». Дніпропетровськ, 2008. С. 208–213.
 3. Байдак Л.А., Білоконь Г.С. Історичний огляд та перспективи розвитку радіоекологічної школи Дніпропетровського національного університету: матеріали V з'їзду Радіобіологічного товариства України (Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна, 15-18 вересня 2009 р.). Ужгород, 2009. С. 35.
 4. Байдак Л.А. Радіоекологічна складова вчення про техногенну трансформацію прісноводних екосистем. Ретроспектива та сьогодення. *Дослідження з історії і філософії науки і техніки*. 2018. № 26-27. С. 83–89. URL: <https://doi.org/10/15421/2618012>
 5. Байдак Л.А., Дворецький А.І. Техногенно трансформовані прісноводні екосистеми Придніпров'я: монографія. Видання 2-е, доповнене та виправлене. Д.: Ліра, 2019. 228 с.
 6. Дворецкий А.И., Сапронова В.А., Мурзина Т.А. Влияние орошения днепровской водой на содержание радионуклидов в сельхозкультурах Днепропетровской области: тезисы докл. Радиобиол. Съезд. Киев. (20–25 сент. 1993 р.). Пущино, 1993. С. 297–298.
 7. Дворецкий А.И., Белоконь А.С., Ткач Л.Н. Оценка качества воды по радионуклидному загрязнению водохранилищ Приднепровского региона. Проблемы рационального использования биоресурсов водохранилищ: межд. научн. конф. (6 – 8 сент. 1995 г.). К., 1995. С. 24–25.
 8. Дворецкий А.И., Антоненко Т.М., Белоконь А.С. Некоторые аспекты поведения стронция-90 и цезия-137 в экосистемах водоемов юго-востока Украины до и после аварии на Чернобыльской АЭС. I Всерос. конф. Радиоэкологическая безопасность России. (19–22 июля 1995 г.). 1995. С. 37–38.
 9. Дворецький А.І., Білоконь Г.С., Цегельник Л.І. Радіохімічні показники води для зрошувального виробництва: тези доповідей II з'їзду радіобіологів України. К.: Вид. Медекол., 1995. С. 175.
 10. Дворецький А.І., Сапронова В.О., Байдак Л.А., Маренков О.М., Білоконь Г.С., Просяник Ю.І., Зайченко О.Ю. Радіоекологія водойм Придніпров'я. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету*. Науково-теоретичний збірник. № 1(55), Т. 3. 2016. С. 283–290.
 11. Дворецький А.І., Севериновська О.В., Стусь В.П., Байдак Л.А., Рожков В.В. Радіоекологія Придніпров'я. Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрямки та шляхи вирішення: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. (м. Житомир, 26-27 квітня 2018 р.). Житомир, 2018. С.117–122.

12. Дворецкий А.И., Ляшенко В.И., Байдак Л.А., Топольный Ф.Ф. Экологическая безопасность в зоне влияния уранового производства. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2018. № 6 (315). С.75–86.
13. Дворецкий А.И., Байдак Л.А., Сапронова В.О. До питання про сучасний радіоекологічний стан водойм Придніпров'я: матеріали XII Міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології». Дніпро, ДДАЕУ, 26-28 вересня 2019 р. С.75–79.
14. Дворецкий А.И., Байдак Л.А., Новицкий Р.О. Оцінка сучасного стану водної радіоекології Придніпров'я: матеріали VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України, присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції «Перспективи радіоекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів». (Київ, 6-8 листопада 2019 р.). 2019. С.263–266.
15. Лубянов И.П. Формирование и пути реконструкции донной фауны Днепровского водохранилища после восстановления плотины Днепрогэса : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук. Днепропетровск, 1952. 16 с.
16. Лубянов И.П. Об изучении радиоактивности донных животных пресноводных водоёмов. *Радиобиология*. 1962. Т. 2. Вып. 2. С. 255–258.
17. Лубянов И.П. Биологические основы защиты гидросооружений от фауны биоценозов обрастания Днепродзержинского и Запорожского водохранилищ : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня докт. біол. наук. Днепропетровск, 1972. 52 с.
18. Ляшенко В.Н., Дворецкий А.И., Ломакин П.И. Охрана окружающей природной среды в зоне природного и техногенно радиационного загрязнения. Д.: Гамалія, 1983. 128 с.
19. Петькова Л.М., Лубянов И.П. Некоторые вопросы радиоэкологии высшей водной растительности Днепровского водохранилища. Научный сборник научно-исследовательского института гидробиологии. *Экспериментальная гидробиология*. Т. XIII. Д. : Изд-во ДГУ, 1968. С. 93–103.
20. Сапронова В.О., Дворецкий А.И., Байдак Л.А. Радіоекологічні дослідження ставків Дніпропетровщини. Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: збірник матеріалів I міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 15–17 травня 2018 р.). Київ:, 2018. С.28–30.

REFERENCES

1. Arhiv Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universytetu im. O. Gonchara. F. 1. Dnipropetrovs'kyj derzhavnyj universytet, m. Dnipropetrovs'k. op. 1. Spr. 5279. Osobova sprava. Pet'kova Ljudmyla Myhajlovna. [in Ukrainian].

2. Bajdak L.A. (2008). *Z istorii' radioekologichnyh doslidzhen' v DNU* [On the history of radioecological researches at the DNU]. «*Voda: problemy i reshenija*»: materialy VIII Mezhdunar.nauch-prakt.konf. Dnipropetrovsk. pp. 208–213. [in Ukrainian].
3. Bajdak L.A., Bilokon' G.S. (2009). *Istorychnyj ogljad ta perspektyvy rozvytku radioekologichnoi' shkoly Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universytetu* [The historical overview and perspectives of development of Dnipropetrovsk National University]. Materialy V z'i'zdu Radiobiologichnogo tovarystva Ukrai'ny (Uzhgorods'kyj nacional'nyj universytet, Uzhgorod, Ukrai'na, 15-18 veresnja 2009). Uzhgorod. pp. 35. [in Ukrainian].
4. Bajdak L.A. (2018). *Radioekologichna skladova vchennja pro tehnogennu transformaciju prysnovodnyh ekosystem. Retrospektyva ta s'ogodennja*. [Radioecological component of the doctrine of man-made transformation of freshwater ecosystems. Retrospective and present]. *Doslidzhennja z istorii' i filosofii' nauky i tehniky*. no. 26-27. pp. 83–89. URL: <https://doi.org/10/15421/2618012> [in Ukrainian].
5. Bajdak L.A., Bajdak L.A., Dvorec'kyj A.I. (2019). *Tehnogenno transformovani prysnovodni ekosystemy Prydniprov'ja* [Technogenically transformed freshwater ecosystems of the Dnieper]. Monografija. Vydannja 2-e, dopovnene ta vypravlene. D.: Lira. [in Ukrainian].
6. Dvoreckij A.I., Saprnova V.A., Murzina T.A. (1993). *Vlijanie oroshenija dneprovskoj vodoj na sodержanie radionuklidov v sel'hozkul'turah Dnepropetrovskoj oblasti* [Influence of Dnipro water irrigation on the content of radionuclides in agricultural crops of the Dnipropetrovsk region]. Tezisy dokl. Radiobiol. S#ezd. Kyiv. (20–25 sent. 1993). Pushhino. pp. 297–298. [in Russian].
7. Dvoreckij A.I., Belokon' A.S., Tkach L.N. (1995). *Ocenka kachestva vody po radionuklidnomu zagrjazneniju vodohranilishh Pridneprovskogo regiona* [Assessment of water quality by radionuclide contamination of reservoirs in the Dnieper region]. *Problemy racional'nogo ispol'zovanija bioresursov vodohranilishh: mezhd. nauchn. konf.* (6–8 sent. 1995). Kyiv. pp. 24–25. [in Russian].
8. Dvoreckij A.I., Antonenko T.M., Belokon' A.S. (1995). *Nekotorye aspekty povedenija stroncija-90 i cezija-137 v jekosistemah vodoemov jugovostoka Ukrainy do i posle avarii na Chernobyl'skoj AJeS* [Some aspects of the behavior of strontium-90 and cesium-137 in the ecosystems of water reservoirs in the south-east of Ukraine before and after the Chernobyl accident]. I Vseros. konf. Radiojekologicheskaja bezopasnost' Rossii. (19–22 ijulja 1995). pp. 37–38. [in Russian].
9. Dvorec'kyj A.I., Bilokon' G.S., Cegel'nyk L.I. (1995). *Radiohimichni pokaznyky vody dlja zroshuval'nogo vyrobnyctva* [Radiochemical indicators

- of the water for irrigated agricultural production]. *Tezy dopovidej II z'i'zdu radiobiologiv Ukrain'ny*. Kyiv: Medekol. [in Ukrainian].
10. Dvorec'kyj A.I., Saponova V.O., Bajdak L.A., Marenkov O.M., Bilokon' G.S., Prosjanyk Ju.I., Zajchenko O.Ju. (2016). *Radioekologija vodojm Prydniprov'ja* [Radioecology of the water reservoirs of Prydniprov'ya]. *Visnyk Zhytomyrs'kogo nacional'nogo agroekologichnogo universytetu*. Naukovo-teoretychnyj zbirnyk. no. 1 (55), Vol. 3. pp. 283–290. [in Ukrainian].
 11. Dvorec'kyj A.I., Severynovs'ka O.V., Stus' V.P., Bajdak L.A., Rozhkov V.V. (2018). *Radioekologija Prydniprov'ja* [Radioecology of the Prydniprov'ia]. *Chornobyl's'ka katastrofa. Aktual'ni problemy, naprjamky ta shljahy vyrishennja: materialy mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii'*. (Zhytomyr, 26-27 kvitnja 2018). Zhytomyr. pp.117–122. [in Ukrainian].
 12. Dvoreckij A.I., Ljashenko V.I., Bajdak L.A., Topol'nyj F.F. (2018). *Jekologicheskaja bezopasnost' v zone vlijanija uranovogo proizvodstva* [Environmental safety in the area of influence of uranium production]. *Metalurgijna ta girnichorudna promislovist'*. no. 6(315). pp.75–86. [in Russian].
 13. Dvorec'kyj A.I., Bajdak L.A., Saponova V.O. (2019). *Do pytannja pro suchasnyj radioekologichnyj stan vodojm Prydniprov'ja* [On the question of the current radioecological situation of the Prydniprov'ya water reservoirs]. «*Suchasni problemy teoretychnoi' ta praktychnoi' ihtiologii'*»: *materialy XII Mizhnarodnoi' ihtiologichnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii'*. Dnipro, DDAEU, (26-28 veresnja 2019). pp.75–79. [in Ukrainian].
 14. Dvorec'kyj A.I., Bajdak L.A., Novic'kyj R.O. (2019). *Ocinka suchasnogo stanu vodnoi' radioekologii' Prydniprov'ja* [Assessment of the current status of the water radioecology of the Dnieper]. «*Perspektyvy radioekologichnyh doslidzhen' v konteksti problem dovkillja ta social'nyh vykykiv*»: *materiali VIII z'i'zdu Hidroekologichnogo tovarystva Ukrain'ny, prysvjachenogo 110-richchju zasnuvannja Dniprovs'koi' biologichnoi' stancii'*. Kyiv, 6-8 lystopada 2019. pp. 263–266. [in Ukrainian].
 15. Lubjanov I.P. (1952). *Formirovanie i puti rekonstrukcii donnoj fauny Dneprovskogo vodohranilishha posle vosstanovlenija plotiny Dneprogjesa* [Formation and ways of reconstruction of the bottom fauna of the Dnieper reservoir after the restoration of the Dnieper dam]: avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. biol. nauk. Dnepropetrovsk. [in Russian].
 16. Lubyjanov I.P. (1962). *Ob izuchenii radioaktivnosti donnyh zhyvotnyh presnovodnyh vodojomov* [On the study of the radioactivity of benthic animals of freshwater reservoirs]. *Radiobiologiya*. Vol. 2. Ussue 2. pp. 255–258. [in Russian].
 17. Lubyjanov I.P. (1972). *Biologicheskie osnovyi zaschityi gidrosooruzheniy ot faunyi biotsenozov obrastaniya Dneprodzerzhinskogo i Zaporozhskogo*

- vodohranilisch* [Biological basis for the protection of hydraulic structures of Dneprodzerzhinsk and Zaporozhye reservoirs from fouling species of fauna]: avtoref. dis. na zdobuttya nauk, stupenya dokt. biol. nauk. Dnepropetrovsk. [in Russian].
18. Ljashenko V.N., Dvorec'kij A.I., Lomakin P.I. (1983). *Ohrana okruzhajushhej prirodnoj sredy v zone prirodnogo i tehnogenno radiacionnogo zagrjaznenija* [Environmental protection in the zone of natural and technogenic radiation pollution]. Dnepropetrovsk: Gamalija. [in Russian].
 19. Pet'kova L.M., Lubjanov I.P. (1968). *Nekotorye voprosy radiojekologii vysshej vodnoj rastitel'nosti Dneprovskogo vodohranilishha* [Some issues of radioecology of the higher water vegetation of the Dnieper reservoir]. Nauchnyj sbornik nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrobiologii. *Jeksperimental'naja gidrobiologija*. Vol. XIII. Dnepropetrovsk : Izd-vo DGU. pp. 93–103. [in Russian].
 20. Sapronova V.O., Dvorec'kij A.I., Bajdak L.A. (2018). *Radioekologichni doslidzhennja stavkiv Dnipropetrovshhyny* [Radioecological researches of ponds of Dnipropetrovsk region]. *Suchasni problemy racional'nogo vykorystannja vodnyh bioresursiv: materialy I mizhnarodnoi' naukovopraktychnoi' konferencii'* (Kyiv, 15–17 travnja 2018). Kyiv. pp.28–30. [in Ukrainian].