Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Водные биоресурсы и аквакультура

Water bioresources and aquaculture

Науковий журнал

1/2020

Видавничий дім
«Гельветика»
2020

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,
(протокол № 8 від 28.05.2020 року).

Головний редактор – ***Пічура В.І.*** – доктор сільськогосподарських наук, професор.
Відповідальний секретар – ***Корнієнко В.О.*** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент.
Відповідальний секретар – ***Дюдяєва О.А.*** – старший викладач кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка.

Члени редакційної колегії:
Агеєц В.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, професор (Республіка Білорусь);
Бех В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Бойко М.Ф. – доктор біологічних наук, професор;
Бойко П.М. – кандидат біологічних наук, доцент;
Бузевич І.Ю. – доктор біологічних наук;
Вараді Л. – доктор біологічних наук, професор (Угорщина);
Вовк Н.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Волох А.М. – доктор біологічних наук, професор;
Демченко В.О. – доктор біологічних наук, доцент;
Зубков О. – доктор-хабілітат біологічних наук, професор (Республіка Молдова);
Клименко О.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Костоусов В.Г. – кандидат біологічних наук (Республіка Білорусь);
Кутіщев П.С. – кандидат біологічних наук, доцент;
Наконечний І.В. – доктор біологічних наук, професор;
Слуквін О.М. – кандидат біологічних наук (Республіка Білорусь);
Федоненко О.В. – доктор біологічних наук, професор;
Харитонов М.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Шевченко В.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент;
Шевченко П.Г. – кандидат біологічних наук, доцент, старший науковий співробітник;
Шекк П.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Шкуте А. – доктор біологічних наук, професор (Латвія).

Електронна сторінка видання – www.wra-journal.ksauniv.ks.ua

На підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі сільськогосподарських наук (101 – Екологія, 207 – Водні біоресурси та аквакультура)

Науковий журнал «Водні біоресурси та аквакультура»
зареєстровано Міністерством юстиції України
(Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації,
серія КВ № 22727-12627Р від 24.03.2017 року)

© Колектив авторів, 2020
© Херсонський державний аграрний університет, 2020

ISSN 2663-5283

ЗМІСТ

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ.....6

Алмашова В.С. Оцінка екологічного стану водойм у гирлі Дніпра (на прикладі Білого озера).....6

Ковальов М.М., Звєздун О.М., Михайлова Д. Агроекологічна оцінка якості підземних вод для систем мікрозрошення в умовах Північного Степу України.....16

Морозов О.В., Морозова О.С., Керімов А.Н. Гідрохмічний режим поверхневих вод в умовах зміни клімату у південному регіоні України.....24

Оліфіренко В.В., Корнієнко В.О., Оліфіренко А.А. Особливості паразитофауни промислових риб в окремих ділянках Дніпровсько-Бузького лиману 35

АКВАКУЛЬТУРА.....44

Дюдяєва О.А., Бех В.В. Харчова безпека вітчизняної продукції аквакультури як гарантована передумова виходу на зовнішні ринки.....44

Оліфіренко В.В., Корнієнко В.О., Козичар М.В. Спосіб анастезії африканського сома.....61

Симон М.Ю., Грициняк І.І., Колесник Н.Л. Рибницько-біологічні показники вирощування ранньої молоді російського осетра за умови введення в його раціон інактивованих пекарських дріжджів.....73

Шарило Ю.Є., Деренько О.О., Дюдяєва О.А. Використання водоростей виду *Chlorophyta* як біологічний метод очищення водойм.....88

МЕТОДИ І МЕТОДИКИ.....103

Біла Т.А., Ляшенко Є.В., Охріменко О.В. Комплексонометричний метод визначення загальної твердості поверхневих вод.....103

Біла Т.А., Ляшенко Є.В., Охріменко О.В. Дослідження вмісту фосфатів у поверхневих водах.....111

СТОРІНКИ ІСТОРІЇ.....119

Байдак Л.А., Дворецький А.І. Дніпропетровська гідробіологічна школа. Заснування водної токсикології.....119

Байдак Л.А., Сапронова В.О. Дніпропетровська гідробіологічна школа. Становлення та розвиток прісноводної радіоекології в Україні.....130

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ.....6

Алмашова В.С. Оценка экологического состояния водоемов в устье Днепра (на примере Белого озера).....6

Ковалев М.М., Звездун А.Н., Михайлова Д. Агроэкологическая оценка качества подземных вод для систем микроорошения в условиях Северной Степи Украины.....16

Морозов А.В., Морозова А.С., Керимов А.Н. Гидрохмичний режим поверхностных вод в условиях изменения климата в южном регионе Украины.....24

Олефиренко В.В., Корниенко В.А., Олефиренко А.А. Особенности паразитофауны промысловых рыб в отдельных участках Днепровско-Бугского лимана.....35

АКВАКУЛЬТУРА.....44

Дюдяева А.А., Бех В.В. Пищевая безопасность отечественной продукции аквакультуры как гарантированная предпосылка выхода на внешние рынки.....44

Олефиренко В.В., Корниенко В.А., Козичар М.В. Способ анестезии африканского сома.....61

Симон М.Ю., Грициняк И.И., Колесник Н.Л. Рыбоводно-биологические показатели выращивания ранней молоди русского осетра при условии введения в его рацион инактивированных пекарских дрожжей.....73

Шарило Ю.Е., Деренько А.А., Дюдяева А.А. Использование водорослей вида *Chlorophyta* как биологический метод очистки водоемов.....88

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ.....103

Белая Т.А., Ляшенко Е.В., Охрименко О.В. Комплексонометрический метод определения общей жесткости поверхностных вод.....103

Белая Т.А., Ляшенко Е.В., Охрименко О.В. Исследование содержания фосфатов в поверхностных водах.....111

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ.....119

Байдак Л.А., Дворецкий А.И. Днепропетровская гидробиологическая школа. Основание водной токсикологии.....119

Байдак Л.А., Сапронова В.А. Днепропетровская гидробиологическая школа. Становление и развитие пресноводной радиоэкологии в Украине.....130

CONTENTS

WATER BIORESOURCES.....6

Almashova V.S. The evaluation of the environmental condition of water points at the Dnieper's mouth (by the example of the White lake).....6

Kovalov M.M., Zvezdun O.M., Michailova D. Agro-environmental assessment of underground water quality for micro-irrigation systems in the conditions of Northern Steppe of Ukraine.....16

Morozov O.V., Morozova O.S., Kerimov A.N. Hydrochemical mode of surface waters under climate change in the southern region of Ukraine.....24

Olifirenko V.V., Cornienko V.O., Olifirenko A.A. Features of industrial fish parasitofuna in separate sites of the Dneprovsko-Buzhyi embassy.....35

AQUACULTURE.....44

Dyudyaeva O.A., Beh V.V. Food safety of Ukrainian products of aquaculture as the guaranteed prerequisites of external market.....44

Olifirenko V.V., Kornienko V.O., Kozychar M.V. Method of anesthesia an African catfish.....61

Simon M.Yu., Hrytsyniak I.I., Kolesnyk N.L. Fish-breeding and biological indicators of growing Russian sturgeon early juveniles under the conditions of introducing in its diet inactivated baker's yeast.....73

Sharylo Yu.Ye., Derenko O.O., Dyudyaeva O.A. The usage of algae of the species *Chlorophyta* as a biological method of water treatment.....88

METHODS AND TECHNIQUES.....103

Belaya T.A., Lyashenko E.V., Ohrimenko O.V. Complexometric method for determining the general hardness of surface waters.....103

Bila T.A., Lyashenko E.V., Ohrimenko O.V. Research of phosphate content in surface waters.....111

PAGES OF MEMORY.....119

Bajdak L.A., Dvoretsky A.I. Dnepropetrovsk hydrobiological school. Foundation of aquatic toxicology.....119

Bajdak L.A., Sapronova V.O. Dnipropetrovsk hydrobiological school. Formation and development of freshwater radioecology in Ukraine.....130

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

УДК 502.56/568
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.1

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДОЙМ У ГИРЛІ ДНІПРА (НА ПРИКЛАДІ БІЛОГО ОЗЕРА)

Алмашова В.С. *– к.с.-г.н., доцент,*
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,
vikadiana1981@gmail.com

Забруднення річок, озер, морів і океанів набуває загрозливого характеру і багатьох районах перевищує їх здатність до самоочищення. У результаті зменшуються ресурси прісної води. Вже нині в багатьох країнах та південних районах України спостерігається її нестача. Незадовільне водозабезпечення населення часто є наслідком істотного погіршення якості води, зумовленого антропогенним забрудненням патогенними мікроорганізмами та різними ксенобіотиками господарсько-побутового й техногенного походження.

При дослідженні екологічного стану водного середовища Білого озера, яке знаходиться в Херсонській області, за даними лабораторії Білозерської районної СЕС, було встановлено, що за останні 10 років якість води частково погіршилась за багатьма екологічними показниками та критеріями оцінювання. За період 2015–2017 рр. значних змін у якості води не спостерігалось, але була слабка тенденція до погіршення на окремих ділянках від чистих до слабко забруднених.

При проведені досліджень з'ясувалось, що досліджувані ділянки Білого озера зазнали негативного екологічного впливу від господарської діяльності населення, а саме: застаріла система водовідведення (стічні води поверх люків течуть до озера), ведення сільського господарства поблизу водойми (стоки агрохімікатів зі схилів потрапляють у водойму), випалювання плавнів для мисливської діяльності, випасання ВРХ та низка інших негативних факторів.

Якість води за видовим складом макрофітів відноситься до α-мезосапробної зони забруднення, II–III класу, тобто її якість коливається від показників добра до задовільна.

Ключові слова: водні екосистеми, Біле озеро, макрофіти, індекс сапробності, гідрохімічні показники, поверхневі води.

Актуальність проблеми. Проблема оцінки якості поверхневих вод сьогодні є актуальною не лише для екологів, а й для широкого кола споживачів води, і вимагає постійної уваги у зв'язку зі зростаючим антропогенним навантаженням на водні об'єкти. Посилення впливу людської діяльності на природні екосистеми Дніпра значно прискорює проходження антропогенних змін рослинності і створює реальну загрозу її деградації.

Водні рослини, у зв'язку з особливостями морфології та анатомії, можуть бути біоіндикаторами стану водойм та слугувати об’єктами глобального моніторингу водних екосистем взагалі [1].

Відомо, що природні та антропогенні процеси, які відбуваються в басейнах річок, відбиваються на їх гідрологічному режимі, твердому і водному стоках, руслових процесах, ступені забруднення тощо. Будівництво водосховищ та нераціональне господарювання різко змінили природний режим Дніпра. Посилення впливу людської діяльності на природні екосистеми Нижнього Дніпра, особливо його гирлової області, значно прискорює проходження антропогенних змін рослинності і створює реальну загрозу її деградації. Це змушує екологів і біологів шукати нові підходи оцінки екологічного стану водних екосистем [9].

На жаль, не завжди є можливість проводити комплексні наукові дослідження, які потребують значних матеріальних витрат та спеціального обладнання. У таких випадках можна використовувати метод біоіндикації, що отримав останнім часом широке визнання та розповсюдження. Водні рослини у зв'язку з особливостями морфології та анатомії можуть бути біоіндикаторами стану водойм та слугувати об'єктами глобального моніторингу водних екосистем взагалі [4].

Проблема оцінки якості поверхневих вод сьогодні є актуальною не лише для екологів, а й для широкого кола споживачів води, і вимагає постійної уваги у зв’язку зі зростаючим антропогенним навантаженням. Оцінка якості води є ключовим завданням будь-яких заходів в галузі водокористування, раціонального природокористування та проведення природоохоронних дій у водоймах. Для оцінки стану водотоків та водойм і визначення комплексу водоохоронних заходів для підвищення їх екологічного благополуччя користуються екологічними нормативами якості поверхневих вод, які передбачають розподіл водних об’єктів на 5 класів та 7 категорій за якістю води [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З середини минулого століття Дніпро слугує головним джерелом водопостачання для Центрального, Східного та Південного регіонів України, забезпечуючи питною водою майже 65% жителів України [3]. При цьому ріка та її басейн, знаходячись у зоні розташування великих міст з потужною промисловістю, піддаються значному техногенному і біогенному навантаженню, що різко негативно впливає на якість водних ресурсів. Річкові екосистеми Дніпра до наявного часу майже втратили здатність до саморегуляції, що обмежує їх потенціал щодо біоочищення вод та утримання природних рівнів мікробного забруднення.

Особливо негативна ситуація сформована і утримується в зоні великих водосховищ і міст Запоріжжя та Херсону, де води ріки піддаються

інтенсивному біогенному забрудненню через «цвітіння» води та скиди колекторних і каналізаційних стоків. За таких умов закономірним є явище шлейфового руху забруднювачів за течією та їх накопичення в пониззі та в дельтовій зоні.

Так, основною метою виконаних у 2008-2011 рр. досліджень співробітниками Миколаївського державного університету імені В.О. Сухомлинського (Наконечним І.В та Павловою Ю.В.) була оцінка потенціалу існуючих екосистем щодо можливостей самоочищення вод у дельтовій зоні Дніпра. Організація досліджень передбачала щоквартальний відбір проб води в 4 пунктах на території дельтової зони Дніпра з наступним дослідженням на визначення показників загального мікробного забруднення за стандартним методом мікробіологічного контролю води згідно діючого державного стандарту. Дослідження проводили в умовах науково-навчальної лабораторії Миколаївського державного університету імені В.О. Сухомлинського, окремі перевірочні дослідження – в лабораторії мікробіології Інституту агроекології і природокористування НААН України (м. Київ) [7].

На час досліджень було з'ясовано, що незважаючи на потужне антропогенне забруднення вод Дніпра екосистема дельтової зони зберігали своє свою очисну та фільтруючу функцію, але через антропогенне навантаження окремі ділянки річок та озер забруднені (Біле озеро, озеро Виноградне). Так, на 40-кілометровому відрізку нижньої течії від міста Херсону до села Кизимис Білозерського району, дніпровські води зменшують рівень загальної мікробної забрудненості та рівень БГКП. Показники мікробного забруднення води в самій дельтовій зоні Дніпра проявляють значну гетерогенність, демонструючи пряму залежність від сезону року, температури води, рівня проточності, інсолярного режиму та видової структуру водної мікробіоти. На відміну від ділянки міста Херсону рівень санітарно-показової мікрофлори (БГКП) дніпровських вод в нижній частині дельти відносно низький.

Постановка завдання. Провести обстеження водойми Білого озера, дослідити індикаторні властивості макрофітів та визначити екологічний стан водного середовища берегів навколо озера (околиці смт Білозерки, с. Приозерне, с. Дніпровське).

Методи дослідження. Для оцінки стану водотоків та водойм і визначення комплексу водоохоронних заходів для підвищення їх екологічного благополуччя використовувалися екологічні нормативи якості поверхневих вод.

Серед усього різноманіття методів комплексної оцінки якості води можна виділити метод Билінкіної А.А. Він розроблений на основі узагальнення великої кількості матеріалу за хімічними, бактеріологічними,

гідробіологічними та фізичними показниками. У цьому випадку використовуються середні значення для періоду найбільш критичного екологічного стану водоймища, на основі яких води можна розподілити на шість градацій якості.

За лабораторними даними Білозерської районної СЕС, де було досліджено якість поливної води з Білого озера (за методикою Билінкіної А.А.) було надано екологічну оцінку із застосуванням гідрохімічних показників якості води у контрольних пробах, розташованих на берегах озера. Система класифікації якості води за методикою Билінкіної А.А. є однією з найрозвиненіших розробок у цьому напрямку та характеризується наявністю широко поширеної шкали класифікації водоймищ (табл. 1). Оцінка якості води здійснювалась за такими показниками: хімічні (розчинений кисень, БСК5, перманганатна окиснюваність, азот амонійний), фізичні та органолептичні (завислі речовини, прозорість, нафтопродукти, pH) [8].

Таблиця 1. **Класи якості води за методом Білінкіної А.А.**

Класи якості		Кисень насичений, %	БСК5, мг/м^3	Cl-, мг/м^3	Зважені речовини, мг/м^3	Нафто-продукти, мг/м^3	pH
1	Дужечисті	95	1	0,0	1-3	0,00	6,5-8,0
2	Чисті	80	2	0,0	4-10	0,1-0,2	6,5-8,5
3	Слабо забруднені	70	2-3	1	11-19	0,3	6,0-9,0
4	Забруднені	60	4-5	2-5	20-50	1	5,6-9,0
5	Брудні	30	6-10	6-10	50-100	2	5,6-10,0

Також в даній лабораторії проводилась біоіндикація зразків проб води за системою сапробності. Сапробність – це комплекс фізіолого-біохімічних властивостей гідробіонтів, які визначають їх здатність мешкати у воді з певним вмістом розчинених нестійких органічних речовин. Водні організми, для яких визначені такі властивості, називаються сапробіонтами [3].

Кожному виду досліджуваних організмів привласнено деяке умовне чисельне значення індивідуального індексу сапробності, що відображає сукупність його фізіолого-біохімічних властивостей, які обумовлюють здатність мешкати у воді з тим або іншим змістом органічних речовин (табл. 2). Для статистичної достовірності результатів необхідно, щоб в пробі містилося не менше дванадцяти індикаторних організмів із загальним числом особин у полі спостереження не менше тридцяти [5].

Для поширених видів гідробіонтів (переважно планктон та бентос) розраховано коефіцієнти, які використовуються у розрахунках індексу сапробності, величина якого вказує на ступінь забруднення води органічними сполуками.

Таблиця 2. **Класи якості вод залежно від індексів сапробності**

Рівень забрудненості	Зони	Індекси сапробності S	Класи якості вод	Рівень забрудненості
Дуже чисті	ксеносапробна	до 0,50	1	Дуже чисті
Чисті	олігосапробна	0,50÷1,50	2	Чисті
Помірно забруднені	α-мезосапробна	1,51÷2,50	3	Помірно забруднені
Важко забруднені	β-мезосапробна	2,51÷3,50	4	Важко забруднені
Дуже важко забруднені	полісапробна	3,51÷4,00	5	Дуже важко забруднені
Дуже брудні	полісапробна	>4,00	6	Дуже брудні

Результати досліджень та їх обговорення. Озера в долині р. Дніпро – плавневі – мають здебільшого овальну чи округлу форму улоговини, пологі низькі береги. Дно їх вкрите шаром сапропелевого чорного або темно-сірого мулу з домішкою детриту. Майже всі озера стічні. Режим їх пов'язаний з режимом річок, у заплаві яких вони знаходяться. Температура води влітку сягає 24–26°С. Взимку озера замерзають. Береги їх вкриті типовою прибережною рослинністю У межах літоралі розвивається водна рослинність. Ці озера є районами рекреації. У нижній частині Дніпра розташовано понад 140 озер, більшість з яких називають лиманами. В результаті скорочення стоку води з Каховського водосховища частина дельтових озер все більше міліє [2].

Окрасою Білозерського району є природний комплекс Дніпровських плавнів, що представляють собою складну систему островів, вкритих заростями очерету, травою, чагарниками й деревами. У гирлі Дніпра, в його передлиманній частині в Білозерському районі розташоване Біле озеро, яке здавна вважалось гордістю краю. Але нажаль, через ряд антропогенних чинників дана територія зазнає значного негативного впливу від недбалого господарювання населення, від науково необґрунтованого ведення сільського господарства поблизу водойми, від виробничої діяльності Агрофірми–радгосп «Білозерський» (стоки агрохімікатів зі схилів потрапляють у водойму озера), випасання ВРХ та ряд інших негативних факторів. Особливу нещадну дію на стан водойми Білого озера завдає випалювання плавнів браконьєрами, згубна дія яких призводить до гибелі флори та фауни в плавнях, до прискорення цвітіння водойми в літній період та до погіршення проходження води через і без того невелику протоку. Ця протока з'єднувала колись озеро в одне ціле, але через збільшення заростів очерету та замулення озера проточність водойми знижується.

Було встановлено, що до погіршення стану водойми озера причетне МКП «Водограй», яке обслуговує мережі смт Білозерка для водопостачання та каналізаційного відведення. Виявлено, що система водо-

відведення селища застаріла, тому що будувалась ще в радянські часи і до цього часу залишається без глобального реконструювання. Щорічно кількість абонентів збільшується, а це призводить до частого забивання каналізаційної системи, особливо по Станіслаському шосе, по провулках Військовому та Торгівельному. Стічні води поверх люків прямо по провулках течуть до озера Білого, забруднюючи узбережжя і воду озера. В стічних водах накопичується велика кількість хвороботворних мікроорганізмів, які можуть викликати тяжкі інфекційні захворювання.

За даними лабораторії Білозерської районної СЕС було встановлено, що за останні 10 років якість води у Білому озері частково погіршилась за багатьма екологічними показниками та критеріями оцінювання. Було проведено дослідження поблизу берегової лінії озера Біле на околицях смт Білозерка, селища Приозерне та селища Дніпровське. Також досліджували ділянку протоки води (рис. 1).

Проведений аналіз досліджених макрофітів дав можливість визначити їх систематичний склад, екологічні особливості та індикаторні властивості. Для кожного виду вказана екологічна група по відношенню до вологи.

У результаті проведених досліджень було встановлено видовий склад та екологічну структуру макрофітів-індикаторів водойм Білого озера, що формується під впливом природних та антропогенних чинників. Флора макрофітів дослідженої території нараховує 21 вид.

У розподілі видів флори між таксономічними групами рангів класу на *Liliopsida* припадає 31,7%, *Magnoliopsida* – 18,3%. Переважаючим у систематичній структурі флори є відділ *Magnoliophyta* – 50,0%, клас *Liliopsida* [10].

До макролітів відносять гідрофіти та гігрофіти, які у дослідженій водоймі росли у воді. Екологічні групи макрофітів представлені у таблиці 3.

Таблиця 3. **Спектр екологічних груп макрофітів**

Гідрофіти								**Гігрофіти**	
Гідатофіти		**Плейстофіти**		**Гелофіти**		**Разом**			
шт.	**%**	**шт.**	**%**	**шт.**	**%**	**шт.**	**%**	**шт.**	**%**
15	31,9	9	19,15	14	29,8	38	80,5	9	19,15

Аналізуючи дані можна зробити висновок, що серед макрофітів досліджених водних об’єктів переважають гідатофіти (15 видів). Друге місце посідають гелофіти (14 видів) [6].

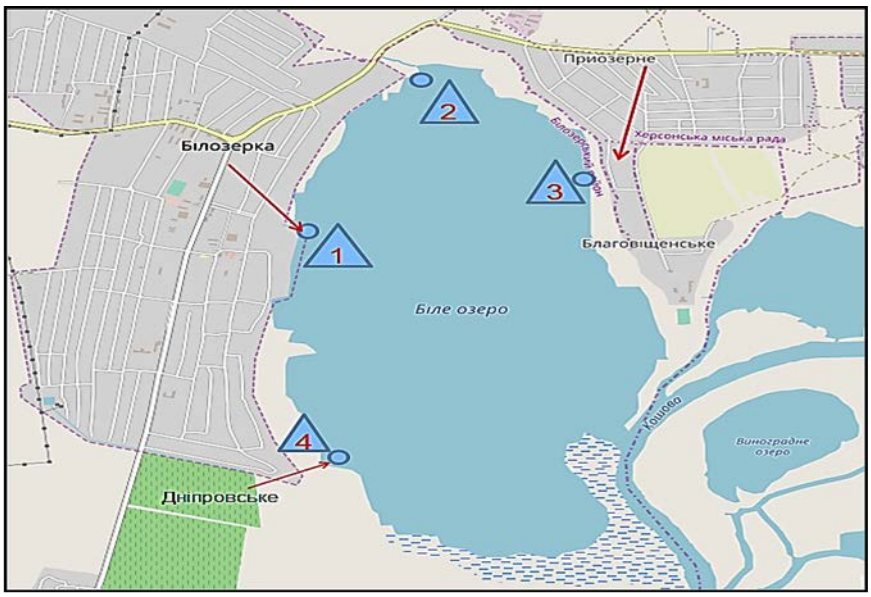
Для визначення макрофітного інденкса сопробності складено список усіх рослин, які зустрічаються на досліджених ділянках. На основі

характеристики складу макрофітів було визначено макрофітний індекс водойми Білого озера. Відповідно до макрофітного індексу було визначено клас води на кожній з ділянок досліджень (табл. 4).

На основі проведених досліджень було встановлено, що на ділянках № № 2, 3 вода відноситься до II класу якості – вода чиста; на ділянках № № 1,4 вода відноситься до III класу якості – частково забруднена (табл. 4).

Таблиця 4. **Макрофітний індекс досліджених ділянок і клас вод**

Ділянки дослідження	Макрофітний індекс	Клас води
№ 1 смт Білозерка	6	III
№ 2 протока озера	7	II
№ 3 с. Приозерне	8	II
№ 4 с.Дніпровське	6	III



Умовні позначення:
1 – смт Білозерка
2 – протока озера
3 – селище Приозерне
4 – селище Дніпровське

Рис. 1. **Місця забору проб води з Білого озера (2015–2017 рр.)**

Також, в лабораторії Білозерської районної СЕС проводились дослідження якості водойми Білого озера за методикою Билінкіної А.А.,

показники яких висвітлюють екологічні параметри водного середовища. Середні данні за 2015–2017 роки по ділянкам досліджень вони наступні:

– кисень насичений коливається від 70 до 80%;
– БСК5 від 2 до 3мг/м^3,
– Cl- від 0 до 1мг/м^3;
– зважені речовини від 5 до 15мг/м^3;
– нафтопродукти від 0,1 до 0,3мг/м^3;
– pH водного середовища від 6,5 до 9,0.

На основі аналітичних даних за параметрами вище перерахованих показників можна зробити висновки, що в цілому вода по місцях дослідження знаходиться в межах від чистої (ділянки досліджень № № 2, 3) до слабко забрудненої (ділянки досліджень № № 1, 4).

Висновки. Проблема оцінки якості поверхневих вод сьогодні є актуальною не лише для екологів, а й для широкого кола споживачів води, і вимагає постійної уваги у зв'язку зі зростаючим антропогенним навантаженням на водні об'єкти. На основі проведених досліджень по визначенню якості води Білого озера за різними методиками, що проводились в лабораторії місцевої СЕС, можна зробити висновки: стан водойми знаходиться в задовільному стані, але на окремих ділянках (селище Дніпровське та смт Білозерка), через надмірне антропогенне навантаження від ведення господарської діяльності – вода слабо забруднена, що може в майбутньому призвести до евтрифікації водойми Білого озера.

THE EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL CONDITION OF WATER POINTS AT THE DNIEPER'S MOUTH (BY THE EXAMPLE OF THE WHITE LAKE)

Almashova V.S. *– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*
Kherson State Agrarian University
vikadiana1981@gmail.com

Pollution of rivers, lakes, seas and oceans is threatening and in many areas exceeds their capacity for self-purification. As a result, fresh water resources are reduced. Already in many countries and southern regions of Ukraine, there was a lack of it. Poor water supply to the population has been often a consequence of a significant deterioration in water quality caused by anthropogenic contamination by pathogens and various xenobiotics of household and technogenic origin.

In the study of the ecological status of the White Lake aquatic environment in the Kherson region, according to the laboratory of the Belozerskaya district SES, it was found that over the last 10 years the water quality has partially deteriorated by many environmental indicators and evaluation criteria. No significant changes in water quality

were observed during 2015–2017, but there was a slight tendency to deteriorate in some areas from clean to slightly polluted.

During the research it was found out that the investigated sites near the White Lake have had a negative environmental impact from the economic activity of the population, namely: outdated drainage system (drainage water over the hatches flowing to the lake), agriculture near the reservoir (runoff of agrochemicals from the slopes), set fire to hunting activities, grazing of cattle and a number of other negative factors. The lack of sewage treatment plants at some facilities around the White Lake also has played a significant negative role and affected the environmental status of the reservoir. The danger is also posed by the enterprise for the production of agricultural products of the KSP «Dnepro», which is located in the village Dneprovskoe, and which has been used chemicals against pests and mineral fertilizers when growing the products.

Water quality by species composition of macrophytes has belonged to α-mesosaprobic contamination zone, class II – III, so its quality varied from good to satisfactory.

Keywords: aquatic ecosystems, the White lake, macrophytes, index of saprobity, hydro chemical indexes, surface waters.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко М.Ф. Природа Херсонської області: Фізико-географічний нарис. К. : Фітосоціоцентр, 2008. 120 с.
2. Брасонова В.П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля: навчальний посібник. Запоріжжя : Запорізький державний університет, 2001. 196 с.
3. Гроховська Ю.Р. Фітоіндикація антропогенного забруднення водних екосистем: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. сільськогосп. наук: спец. 03.00.16 «Екологія». Гроховська Юлія Романівна. К.: Логос, 2002. 19 с.
4. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. К. : Наук. думка, 2012. 445 с. URL: http://zoomet.ru.
5. Мальцев В.І., Карпова Г.О. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. К.: НАН України, 2011. 112 с.
6. Мусієнко М.М., Ольхович О.П. Методи дослідження вищих водних рослин: навчальний посібник до лабораторних занять з фізіології водних рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2015. 300 с.
7. Наконечний І.В., Павлова Ю.В. Санітарно-мікробіологічні показники води дельтової зони Дніпра в сезонній динаміці. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України». Полтава: Астрая, 2012. С. 108–110.
8. Романенко В.Д., Давидов О.Л., Дьяченко Т.М. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. К.: Логос, 2006. 408 с.
9. Тімченко В.М. Екологічна гідрологія водойм України. Київ: ДНВП «Накуова думка НААН України», 2006. 383 с.

10. Якубенко Б.Є. Царенко П.М., Алейніков І.М., Шабарова С.І., Машковська С.П. Ботаніка з основами гідроботаніки (водні рослини України). Підручник для студентів класичних та аграрних університетів. К.: Фітосоціоцентр, 2011. 535 с.

REFERENCES

1. Bojko M.F. (2008). *Pryroda Hersons'koi' oblasti: Fizyko-geografichnyj narys* [Nature of Kherson area: physical-geographic description]. Kyiv. [in Ukrainian].
2. Brasonova V.P. (2001). *Methods of phytoindication in the assessment of the environmental state of the environment* [The phytoindication methods in environmental assessment]. Zaporozhye: Zaporizhzhya State University. [in Ukrainian].
3. Grohovs'ka Ju.R. (2002). The phytoindication of anthropogenic pollution of aquatic ecosystems. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: Logos. [in Ukrainian].
4. Diduh Ja.P. (2012). *Osnovy bioindykacii'* [The basics of bioindication]. Kyiv : Naukova dumka. URL: http://zoomet.ru [in Ukrainian].
5. Mal'cev V.I., Karpova G.O. (2011). *Vyznachennja jakosti vody metodamy bioindykacii'* [The determination of water quality by bioindication methods]. Kyiv: NAN Ukrai'ny. [in Ukrainian].
6. Musijenko M.M., Ol'hovych O.P. (2015). *Metody doslidzhennja vyshhyh vodnyh roslyn* [The methods of the research of the higher water plants]. Kyiv: Fitosociocentr. [in Ukrainian].
7. Nakonechnyj I.V., Pavlova Ju.V. (2012). *Sanitarno-mikrobiologichni pokaznyky vody del'tovoi' zony Dnipra v sezonnij dynamici* [Sanitary and microbiological indicators of the water of the of the Dnieper delta in seasonal dynamics]. *Problemy vidtvorennja ta ohorony bioriznomanittja Ukrai'ny: materialy Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktychnoi' konferencii'*. Poltava: Astraya. pp. 108–110. [in Ukrainian].
8. Romanenko V.D., Davydov O.L., D'jachenko T.M. (2006). *Metody gidroekologichnyh doslidzhen' poverhnevyh vod* [The methods of hydro-ecological studies of surface waters]. Kyiv: Logos. [in Ukrainian].
9. Timchenko V.M. (2006). *Ekologichna gidrologija vodojm Ukrai'ny* [The ecological hydrology of reservoirs of Ukraine]. Kyiv: DNVP Nakuova dumka NAAN Ukrainy. [in Ukrainian].
10. Jakubenko B.Je., Carenko P.M., Alejnikov I.M., Shabarova S.I., Mashkovs'ka S.P. (2011). *Botanika z osnovamy gidrobotaniky (vodni roslyny Ukrai'ny)* [Botany with the basics of hydrobotany (aquatic plants of Ukraine)].Kyiv: Fitosociocentr. [in Ukrainian].

УДК 631.67
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.2

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД ДЛЯ СИСТЕМ МІКРОЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Ковальов М.М. *– к.с.-г.н.,*
Звєздун О.М. *– завідувачка лабораторіями,*
Михайлова Д. *– здобувачка вищої освіти,*
Центральноукраїнський національний технічний університет,
Nicolaskov80@gmail.com

В умовах зростання дефіциту якісної прісної води, подорожчання енергоносіїв, погіршення екологічного стану зрошуваних земель актуальними стають розробка і впровадження ресурсо- і енергоощадних, екологічно безпечних технологій. Одним з найбільших споживачів води у сільському господарстві України – є зрошувальне землеробство. Однак в останні роки зберігається тенденція зменшення водозабору для зрошення, а частка самих споживачів води в даній галузі істотно знижується. З іншого боку характерним є збільшення частки водовідведення у сумарному водоспоживанні. Враховуючи ситуацію, що склалася, першочергове значення для ефективного та екологічно безпечного використання зрошуваних земель, набуває якість води у джерелах зрошення та її водо підготовка.

Першочерговим питанням залишається оцінка якості зрошувальних вод, котра використовується для задоволення потреб загального і меліоративного ґрунтознавства в Україні. Агрономічні критерії придатності води для зрошення установлює ДСТУ 2730:2015, у відповідності з яким нормування якості зрошувальних вод проводять з урахуванням складу і властивостей ґрунтів. А під час самого оцінювання якості зрошувальної води виділяють три класи її придатності: І клас – придатна, ІІ клас – обмежено придатна, ІІІ клас – непридатна.

На території Кіровоградської області тільки 10% води з поверхневих джерел відносяться до І класу. Доволі складною та неоднозначною є ситуація з підземними джерелами водопостачання, особливо враховуючи геологічне розташування області. Тому питання забезпечення якісною водою для зрошувального землеробства області є досить важливим і актуальним.

Не менш важливі екологічні критерії безпечності води для зрошення визначені ДСТУ 7591:2014. Згідно якого оцінювання якості природних вод для зрошувального землеробства здійснюють з метою запобігання можливому негативному техногенного впливу на зміну стійкості ландшафтів і агроландшафтів, санітарно-гігієнічного стану поверхневих та підземних вод.

Оцінювання якості свердловин Обознівської ділянки Кропивницького родовища підземних прісних вод для зрошування виконані за показниками, котрі характеризують їх хімічний склад, загально екологічну якість та фіто токсичність, санітарно-токсикологічну та водно-міграційну здатність хімічних елементів.

Ключові слова: зрошувальне землеробство, водопідготовка, якість підземних вод для зрошення.

Постановка проблеми. За даними Кропивницьких гідрометеорологів, середні температури на території області підвищуються більш стрімкими темпами, ніж в цілому на планеті. Останні спостереження показали, що інтенсивність процесу становить приблизно плюс 0,9 градусів за кожні 10 років, і процес постійно прискорюється. За останні роки зона Північного Степу поширює свій вплив на райони, які ще кілька років тому відносилися до Південного Лісостепу. В умовах ризикованого землеробства опинилася значна частина сільгоспвиробників області. Вирішити дану проблему можливо шляхом застосування різноманітних систем мікрозрошення. Придатність води для цих систем лімітується загальною мінералізацією, концентрацією токсичних солей, вмістом хімічних забруднювачів, наявністю гідробіотів, санітарно-епідеміологічних показників. Тому важливою особливістю систем мікрозрошення є досить високі вимоги до водопідготовки [1, с. 54].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сьогодення, зростаючий дефіцит якісної прісної води, здорожчання енергоносіїв, погіршення екологічного стану зрошуваних земель актуальними стають розробка і впровадження ресурсо- і енергоощадних, екологічно безпечних технологій. В той же час виробники овочевої продукції у різноманітних системах мікрозрошення використовують водопровідну воду, воду зі свердловин, ставків та річок [2, с. 35].

Використання водопровідної води без додаткових систем водо підготовки, у кінцевому випадку призводить до зниження врожайності внаслідок наявності сполук хлору та натрію, котрі є шкідливими для рослин. З іншого боку практично уся вода зі свердловин має високий вміст заліза Fe^{+2}, що може привести до закупорки отворів в системах краплинного зрошування (СКЗ) [3, с. 121].

Постановка завдання. Метою дослідження було оцінити можливість використання підземних вод Кропивницького району для систем краплинного зрошення. Для досягнення мети роботи провести оцінювання якості підземних вод:

1) за агрономічними критеріями;
2) за екологічними критеріями,
3) за ступенем впливу зрошувальної води на елементи СКЗ.

Матеріали і методи дослідження. Об’єкт дослідження – підземні води свердловин Обознівської ділянки Кропивницького родовища підземних прісних вод за державним реєстраційним номером № 039 – 8328/49 За хімічним складом підземні води гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієво-натрієві, рідше – сульфатно-карбонатно-кальцієво-натрієві. За ступенем жорсткості води відносяться до помірно-жорстких. Загальна жорсткість змінюється від 2,98 до 9,75 мг/екв.

Діючі свердловини розташовані на основному Бучакському водоносному горизонті. В цих свердловинах кількість заліза в підземних водах коливається від 2,26 до 8,47 мг/л. Наявність заліза надає воді буруватожовтий колір, в результаті чого вона має високе забарвлення та низьку прозорість.

Територія проведення досліджень характеризується помірним кліматом, опади – 499 мм/рік. Серед ґрунтів вододілів переважають чорноземи типові середньо гумусні. Визначалися такі гідрохімічні показники: рівень pH, лужність, вміст фосфатів сульфатів, хлоридів, кальцію, магнію, фторидів, загальна мінералізація, завислі речовини, азот амонію, азот нітратів, азот нітритів та ін. Проби води відбирались щоквартально згідно вимогам нормативного ДСТУ 2730:2015 «Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії [4].

Виклад основного матеріалу. Якість води, котру використовують для СКЗ, має відповідати загальним вимогам до зрошувальної води та вимогам технічних засобів системи (крапельниці, запірна регулювальна арматура, елементи автоматики тощо).

Характеристика поливних вод за агрономічними критеріями визначає і контролює якість води для СКЗ, з врахуванням необхідності збереження та підвищення родючості ґрунтів чорноземного типу, а також усунення можливості їх засолення, осолонцювання, підлуження. Все це в підсумку повинне забезпечувати необхідну врожайність сільськогосподарських культур, якість і відповідність міжнародним вимогам до продукції рослинництва.

Оцінювання якості підземних вод за агроекологічними критеріями. Агрономічні критерії придатності води встановлює ДСТУ 2730:2015 «Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії», у відповідності з яким нормування показників якості зрошувальної води здійснюють на основі показників загальних концентрацій токсичності іонів.

Якість зрошувальної води поділяють три класи її придатності: I клас – придатна, II клас – обмежено придатна, III – непридатна. Зрошувальна вода I класу – придатна для зрошення без обмежень, II класу використовують за умови обов’язкової водо підготовки з метою запобігання деградації ґрунтів, поліпшуючи її тим самим до показників I класу; III класу – вода, показники якої виходять за межі значень, що встановлені для зрошувальних вод II класу, непридатна для зрошення без застосування комплексної водо підготовки.

За показником токсикологічного впливу на рослини концентрації хлоридів коливається в межах 67,73–74,9 мг/дм^3 за роки спостережень у воді Обознівської ділянки і відповідає I класу якості і оцінюється як придатна для краплинного зрошення (рис. 1).

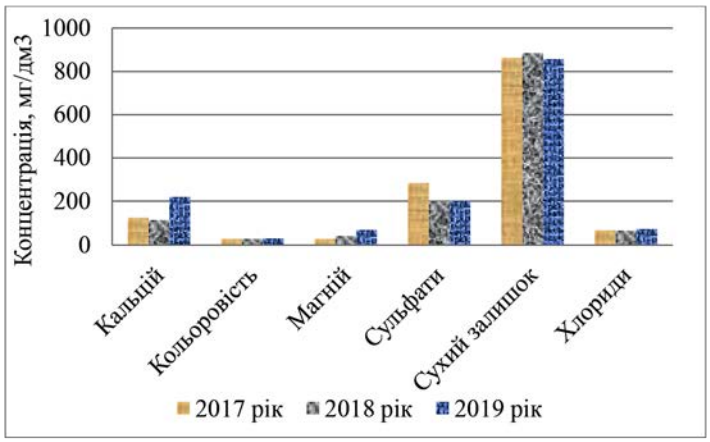


Рис. 1. **Токсикологічні показники води після водопідготовки**

Також за вмістом сульфатів підземні води відносять до I класу, а концентрації знаходяться в межах 199,9–285,27 мг/дм^3. А от за показником загальної мінералізації (сухий залишок) 857,63–885,5 мг/дм^3 – до II класу, тобто така, що потребують обережного підходу з врахуванням специфіки використання. За величиною pH поливна вода близька до нейтральної, а коливання величини pH у роки досліджень були незначними (рис.2).

Найбільш вагомим показником у досліджуваному типі поливної води є вміст поживних речовин: амонійного азоту, нітратів та фосфатів. Одним з найважливішим елементом живлення серед них є нітратний азот (1,60–2,08 мг/дм^3), на другому місці амонійний азот (0,13–0,26 мг/дм^3) і фосфати (0,04–0,12 мг/дм^3).

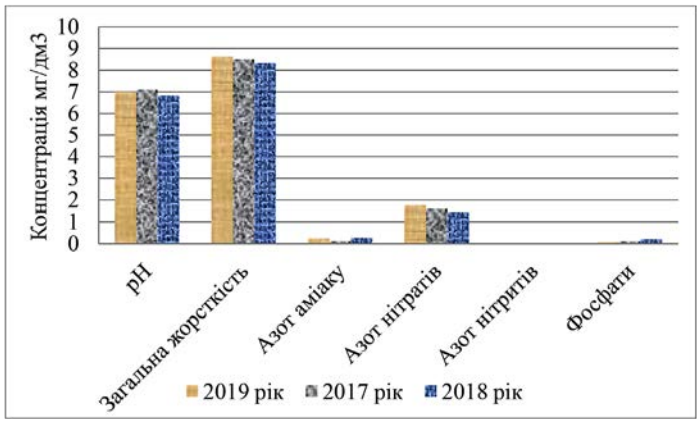


Рис. 2. **Вміст поживних речовин після водо підготовки**

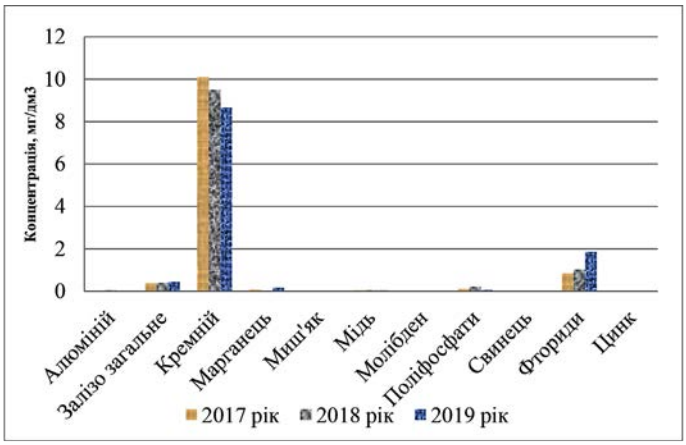


Рис. 3. **Екологічні показники води після водо підготовки**

Оцінка якості підземних вод для зрошення за екологічними показниками проводиться з метою попередження негативного впливу на компоненти агро- та екосистем, а також на здоров'я населення [5]. При оцінці якості поливних вод для зрошувальних цілей за екологічними критеріями виділяють два класи: I клас – «придатна», II клас – «обмежено придатна». Вода, якісні показники виходять за межі значень другого класу, непридатна для зрошення без попередньої водо підготовки. В цілому ж води II класу використовуються для зрошення за умови жорсткого екологічного контролю та обов'язкового проведення агромеліоративних заходів.

Не менш важливою, є оцінка якості поливної води за вмістом мікроелементів і важких металів. ЇЇ проводять з метою попередження негативного впливу на сільськогосподарські культури, ґрунти, підземні та поверхневі води.

Якість води для зрошувальних систем необхідно оцінювати за ступенем впливу її на ґрунт, рослини, інші компоненти довкілля та елементи зрошувальної мережі. Коливання концентрацій важких металів у поливній воді Обознівської ділянки має свої особливості. Концентрації загального заліза коливалися в межах 0,40–0,44 мг/дм^3, не перевищують значень ГДК (2,0 мг/дм^3), але потенційно можуть закупорювати емітери СКЗ, особливо на фоні досить високих концентрацій кальцію 116,23–124,25 мг/дм^3. Коливання вмісту миш'яку, міді, марганцю, молібдену, свинцю, фторидів та цинку по роках досліджень не значне, а їх концентрації значно нижчі за норму. Тому не становлять загрози для екологічної безпеки регіону.

Оцінювання якості підземних вод за технічними критеріями. Критерії придатності води для краплинного зрошення визначені ДСТУ 7591:2014

«Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії» [6]. Оцінювання придатності води за ступенем впливу на елементи СКЗ виконують з урахуванням можливості запобігання їх корозії, замуленню, засміченню, біологічного заростання тощо, котрі відбуваються внаслідок поступового накопичування в них завислих наносів мінерального та органічного походження, відкладів солей, а також продуктів життєдіяльності мікроорганізмів. Дослідження якості води Обознівської ділянки проведено на основі показників загальної мінералізації, pH, вмісту марганцю та заліза. За середньорічними коливаннями цих показників за роки досліджень підземні води Обознівської ділянки є придатними для СКЗ.

Висновки та перспективи подальших досліджень Дослідженнями встановлено, що підземні води Обознівської ділянки Кіровоградського родовища підземних прісних вод в основному:

1) за агрономічними критеріями відносяться до I класу;

2) за еколого-токсикологічними критеріями не загрожує екологічній безпеці регіону;

3) за технічними критеріями є придатною для систем краплинного зрошення за всіма показниками.

Використання води такої якості не призведе до руйнування зрошувальної мережі шляхом замулення і заростання крапельниць та емітерів.

AGRO-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF UNDERGROUND WATER QUALITY FOR MICRO-IRRIGATION SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF NORTHERN STEPPE OF UKRAINE

Kovalov M.M. *– PhD of Agriculture*
Zvezdun O.M *– Head of Laboratories*
Michailova D. *– University student,*
Central Ukrainian National Technical University
Nicolaskov80@gmail.com

The development and implementation of resource- and energy-saving, environmentally safe technologies become relevant in the context of increasing shortage of quality fresh water, growing prices of energy and deterioration of ecological conditions of irrigated lands. Irrigation is one of the largest consumers of water in Ukrainian agriculture. However, in recent years, there is a tendency to reduce water intake for irrigation, and the proportion of water consumers themselves in this sphere has been significantly reduced. On the other hand, there is an increase in the share of drainage in total water consumption. Taking into consideration current situation, water quality in irrigation sources and its water preparation are of great importance for the efficient and environmentally sound use of irrigated lands.

Assessment of the quality of irrigation water which is used to meet the needs of general and reclamation soil science in Ukraine is very important today. Agronomic criteria for the suitability of water for irrigation are set by DSTU 2730:2015, according to which the rationing of the quality of irrigation water is carried out taking into account the composition and properties of soils. And during the assessment of irrigation water quality there are three classes of its suitability: I class – acceptable, II class – limited acceptable, III class – not acceptable.

Only 10% of water from surface sources is of the first class in the territory of Kirovohrad region. The situation with underground water sources is quite difficult and ambiguous, especially considering the geological location of the area. Therefore, the issue of providing quality water for irrigation farming of the region is quite important and urgent.

Other important environmental criteria for water safety for irrigation are defined by DSTU 7591:2014. According to the standard, the assessment of the quality of natural waters for irrigation farming is carried out in order to prevent possible negative technogenic influence on the change of the stability of landscapes and agrolandscapes, sanitary and hygienic state of surface water.

The quality assessment of the wells in Oboznivka area of Kropyvnytskyi underground freshwater deposit for irrigation was performed according to the indicators characterizing their chemical composition, general ecological quality and phytoxicity, sanitary-toxicological and water-migration ability of chemical elements.

Keywords: irrigation farming, water preparation, underground water quality for irrigation.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дементьєва О.І. Залежність водоспоживання кукурудзи гібридів різних груп стиглості від якості поливної води. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. 2016. Вип. 95. Видавничий дім «Гельветика». С. 52–57.
2. Лузан П.Г., Шмат С.І., Матвєєв К.Д. Зрошуване землеробство в Центральному регіоні України. *Наукові записки*. Кіровоград: КНТУ, 2007. Вип. 8. С 33–38.
3. Блажко А.П. Екологічне оцінювання якості поверхневих вод в басейні річки Сарата для систем краплинного зрошення. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 2018. Вип. 70. С. 118–124.
4. ДСТУ 2730:2015. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2016. 9 с.
5. ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії. [Чинний від 2013-07-01]. Київ, 2013. 14 с.
6. ДСТУ 7591:2014. Якість води для систем краплинного зрошення. Агрономічні, екологічні та технічні критерії. [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015. 14 с.

REFERENCES

1. Dementieva O.I. (2016). Zalezhnist vodospozhyvannia kukurudzy hibrydiv riznykh hrup styhlosti vid yakosti polyvnoi vody [Dependence of water consumption of maize hybrids of different ripeness groups on irrigation water quality]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky. – Taurian Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural Sciences*, *95*, pp. 52–57. [in Urainian].
2. Luzan P.H., & Shmat S.I., & Matvieiev K.D. (2007). Zroshuvane zemlerobstvo v Tsentralnomu rehioni Ukrainy [Irrigated agriculture in the Central region of Ukraine]. *Naukovi zapysky. – Proceedings, 8*, pp. 33–38. [in Urainian].
3. Blazhko A.P. (2018). Ekolohichne otsiniuvannia yakosti poverkhnevykh vod v baseini richky Sarata dlia system kraplynnoho zroshennia [Environmental assessment of surface water quality in the Sarata River basin for drip irrigation systems]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury –Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,* Ussue 70, pp. 118–124. [in Urainian].
4. *Yakist pryrodnoi vody dlia zroshennia. Ahronomichni kryterii* (2016). [Quality of natural water for irrigation. Agronomic criteria]. DSTU 2730:2015 from 1st July 2016. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukraine [in Urainian].
5. *Yakist pryrodnoi vody dlia zroshennia. Ekolohichni kryterii* (2013). [Quality of natural water for irrigation. Environmental criteria.]. DSTU 7286:2012 from 1st July 2013. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukraine [in Urainian].
6. *Yakist vody dlia system kraplynnoho zroshennia. Ahronomichni, ekolohichni ta tekhnichni kryterii* (2015). [Water quality for drip irrigation systems. Agronomic, environmental and technical criteria.]. DSTU 7591:2014 from 1st July 2015. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukraine [in Urainian].

УДК 631.67:631.6.03
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.3

ГІДРОХМІЧНИЙ РЕЖИМ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ У ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Морозов О.В. *– д.с.-г.н., професор,*
Морозова О.С. *– к.е.н., доцент,*
Керімов А.Н. *– к.с.-г.н., доцент,*
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,
morozov-2008@ukr.net, lena_morozova2015@ukr.net

Однією з причин, які зумовлюють необхідність уточнення існуючих, а в багатьох випадках і формування нових наукових підходів до організації водокористування та розвитку зрошення земель в Україні це – глобальні зміни клімату та постійно зростаючих дефіцит придатних для використання водних ресурсів. Зміни клімату спричиняють погіршення якості поверхневих вод та обмеження їх придатності за агрономічними критеріями.

Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення мінералізації поверхневих вод з 0,30 г/дм^3 (1938 рр., р. Дніпро до заповнення чаші водосховища) до 0,43 г/дм^3 (2018 р., Каховське водосховище). За цей самий період відбувається збільшення середньої температури повітря за вегетаційний період з 15,9°С (1938 р.) до 20,5°С (2018 р.). Визначена залежність між температурою повітря за вегетаційний період та мінералізацією поверхневих вод. Збільшення температури повітря на 1,0°С призводить до підвищення мінералізації поверхневих вод на 0,03 г/дм^3, що підтверджено логарифмічним рівнянням.

Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення лужності (рН) поверхневих вод з 7,6 (1960 р.) до 8,05 (2018 р.).

У результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності. У зарегульованих магістральних каналах лужність води підвищена (величина рН досягає 8,3–8,5). Це обумовлено слабкою течією води та застійними явищами. В результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності.

При досягненні лужності води критичних меж, потрібно виконувати заходи по її хімічної меліорації. При величині рН більше 8,2–8,3 у воді з'являється карбонатна сода (CO_3^{2-}), зміст якої при рН 8,5–8,6 досягає критичних меж для зрошувальних вод – 0,24–0,30 мг-екв/дм^3. Такі несприятливі для поливів сільськогосподарських культур характеристики має вода Каховського водосховища протягом найінтенсивнішого водозабору в магістральні канали – з квітня по липень включно. Зрошувальна вода Каховського водосховища відноситься до ІІ класу – «обмежено придатна» по лужності і повинна використовуватися при обов'язковому здійсненні комплексу заходів щодо попередження деградації зрошуваних грунтів.

Ключові слова: гідрохімічний режим, якість поверхневих вод, зміни клімату, зрошувальна система.

Постановка проблеми. Загальна тенденція розвитку землеробства у світі на сучасному етапі спрямована на забезпечення максимально сприятливих умов для життєдіяльності сільськогосподарських рослин, реалізації їх біологічного потенціалу і, як наслідок, істотного підвищення продуктивності, що можливо лише за умови стабільного управління груповими режимами – передусім, термічним і водним. Визначальна роль у розв'язані цього завдання належить зрошенню земель [1, 2].

Однією з причин, які зумовлюють необхідність уточнення існуючих, а в багатьох випадках і формування нових наукових підходів до організації водокористування та розвитку зрошення земель в Україні це – глобальні зміни клімату та постійно зростаючих дефіцит придатних для використання водних ресурсів [3–5]. Зміни клімату спричиняють збільшення основної видаткової статті водного балансу – випарування і, як наслідок, по–перше, погіршення якості поверхневих вод та обмеження їх придатності за агрономічними та екологічними критеріями. По–друге, виникає необхідність збільшення кількості та норм вегетаційних, вологозарядкових і промивних поливів, за ймовірного погіршення якості поверхневих вод для зрошення [1].

Отже, оцінка якості поверхневих вод є однією з актуальних проблем, яка визначає напрями і перспективи розвитку меліоративного ґрунтознавства і зрошуваного землеробства як у світі в цілому, так і в Україні [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення гідрохімічного режиму поверхневих вод, змін їх природних властивостей, які знаходяться під дією природних та антропогенних чинників, розробок природоохоронних заходів щодо покращення якості поверхневих вод, теоретичних та прикладних аспектів земле-водокористування в умовах зрошення відображені у наукових працях вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема: Ромащенка М.І. [2, 3], Балюка С.А. [1, 2], Морозова В.В. [1, 4, 5], Морозова О.В. [1, 4, 5], Kanwar J., Kanwar B. [6] та ін. вчених. Акцентовано, що важливим і першочерговим завданням є необхідність комплексного оцінювання якості поверхневих вод для зрошення, так як властивості тривалозрошуваних ґрунтів, процеси і режими в умовах багаторічного зрошення значною мірою залежать від якості поливної води.

Постановка завдання. Основним завданням дослідження було вивчення просторово-часових показників гідрохімічного режиму поверхневих вод Каховського водосховища та магістральних каналів Каховської зрошувальної системи в умовах змін клімату.

Об'єкт дослідження – формування гідрохімічного режиму поверхневих вод Каховського водосховища в умовах змін клімату.

Матеріали і методи дослідження. Інформаційну базу дослідження складають дані статистичних звітностей, ретроспективних матеріалів

гідрометеорологічних станцій центру з гідрометеорології Херсонської області, Каховської гідрогеолого-меліоративної партії Держводагентства України та матеріали особистих досліджень. Опрацювання і візуалізація статистичної, інформації і результатів дослідження здійснювалось за допомогою пакетів програм Microsoft Excel.

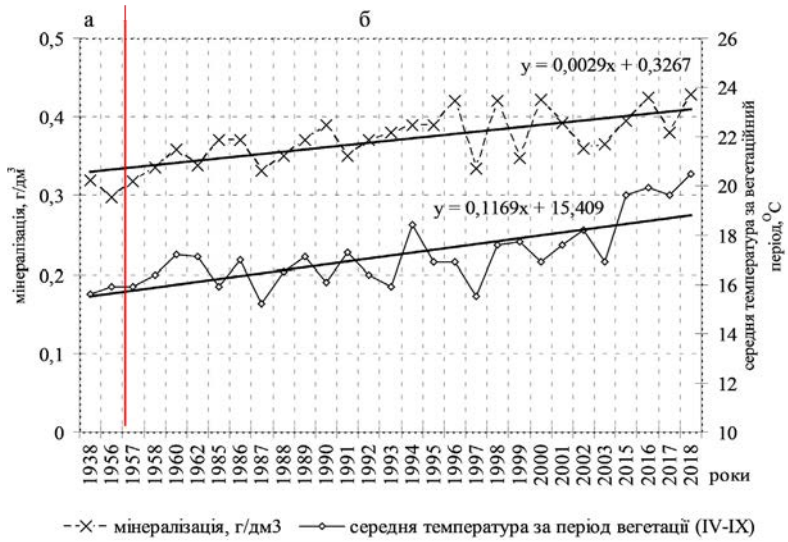
У роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних, емпіричних і теоретичних методів дослідження: ***історичний*** – для ретроспективного узагальнення наукових досягнень вітчизняних та іноземних вчених щодо вивчення формування гідрохімічного режиму поверхневих вод в умовах змін клімату; ***аналітичний*** – для аналізу умов та процесів зміни показників гідрохімічного режиму поверхневих вод в умовах змін клімату; ***системний аналіз і підхід*** – для комплексного аналізу стану і вивчення закономірностей зв'язку клімату із змінами гідрохімічного режиму поверхневих вод.

Результати досліджень. Каховське водосховище створено в 1955 році в результаті споруди греблі Каховської ГЕС для отримання електроенергії, водопостачання міст і промислових підприємств, зрошування сіль господарських угідь, розвитку рибного господарства тощо. Воно замикає в нижній течії Дніпра каскад дніпровських водосховищ: Київського, Канівського, Кременчуцького, Дніпродзержинського і Запорізького [9, 14].

Площа водозбору в створі гідровузла водосховища складає 48200 км², середній річний стік – 52200 млн. м³, у тому числі за період повені – 33800 млн. м³. При нормальному наборі рівня (відмітка 16 м) площа водосховища – 215,5 тис. га, протяжність його 230 км, ширина – 4–18 км, максимальна ширина – 25 км, середня глибина – 8 м, максимальна глибина в річищі рівна 25 м, а біля греблі – 38 м. Повна місткість водосховища – 18200 млн. м³ води, корисна – 6800 млн. м³. Площа мілководь з глибиною до 2 м складає 18,3 тис. га (8,5%). Зона з глибиною до 5 м займає 28% площі. Середня озеровидна частина водосховища має ширину до 25 км (колишні Базавлуцькі, Кінські заплави) і глибину 3–5 м (максимальна – до 8м), поступово вона переходить у верхнє річище, яке замикається греблею ДніпроГЕС [9, 14]. Каховське водосховище по місцеположенню відноситься до типу рівниннорічкових, до групи водосховищ середньої глибини (7–14 м), класифікується середньою глибиною зниження рівня води (3–10 м) і великим ступенем водообміну (0,25–0,49 частки року або 3–6 місяців) [12].

За багаторічний період експлуатації Каховського водосховища в хімічному складі поверхневих води спостерігаються зміни, зокрема, простежується тенденція до підвищення мінералізації і лужності. За період охоплений дослідженнями (1938–2018 рр.) спостерігається тенденція до збільшення мінералізації поверхневих вод з 0,30 г/дм³ (1938 рр., р. Дніпро

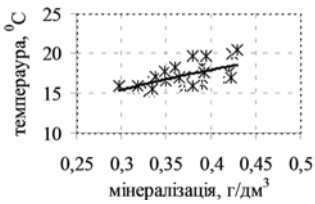
до заповнення чаші водосховища) до 0,43 г/дм^3 (2018 р., Каховське водосховище). За цей самий період відбувається збільшення середньої температури повітря за вегетаційний період (IV-X місяці) з 15,9°С (1938 р.) до 20,5°С (2018 р.) (рис. 1).



а – річка Дніпро до заповнення чаші водосховища;
б – Каховське водосховище

Рис. 1. **Багаторічна динаміка мінералізації поверхневих вод Каховського водосховища та середньо багаторічна температура повітря за вегетаційний період**

Дослідженнями доведена залежність між температурою повітря за вегетаційний період а мінералізацією поверхневих вод. Збільшення температури повітря на 1,0°С призводить до підвищення мінералізації поверхневих вод на 0,03 г/дм^3, що підтверджено логарифмічним рівнянням а коефіцієнтом кореляції (рис. 2).



Логарифмічне рівняння:

$$y = 8{,}7752Ln(x) + 25{,}933 \quad (1)$$

Коефіцієнт кореляції: r = 0,61

Рис. 2. **Залежність між температурою повітря та мінералізацією поверхневих вод Каховського водосховища**

За період охоплений дослідженнями (1938–2018 рр.) спостерігається тенденція до збільшення лужності (pH) поверхневих вод з 7,6 (1960 р.), до 8,05 (2018 р.) (рис. 3).

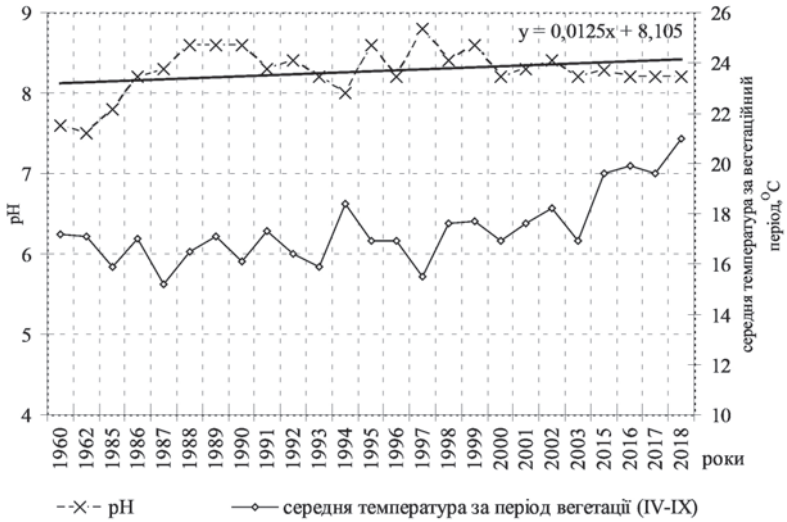


Рис. 3. **Багаторічна динаміка pH поверхневих вод Каховського водосховища та середньо багаторічна температура повітря за вегетаційний період**

У результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності. Це приводить до збільшення концентрації кисню у воді і зменшення вуглекислого газу [9, 13, 14]. У зв'язку із зменшенням вуглекислого газу у воді, який використовується гідрофітами на процес фотосинтезу, карбонатно-кальцієва рівновага зміщується в карбонатний бік і величина pH зростає [11]. При зменшенні температури процес фотосинтезу припиняється і відбувається процес дихання гідрофітів, який супроводжується виділенням вуглекислого газу. Карбонатно-кальцієва рівновага зміщується у бік кальцію, оскільки вуглекислота (H_2CO_3) розчиняє карбонат кальцію ($CaCO_3$) з утворенням гідрокарбонату кальцію $Ca(HCO_3)_2$, при цьому величина водневого показника pH зменшується.

Загальні закономірності трансформації гідрохімічних показників води водосховища полягають в наступному. В холодну пору року (листопад-лютий) вода у водосховищі має найнижчий показник лужності – pH від 7,8 до 8,0. В березні-квітні відбувається різке збільшення цього показника до 8,6-8,8, що пов'язане з бурхливим розмноженням водоростей на мілководдях. У травні місяці величина pH знижується до 8,3–8,5,

а в червні–липні утримується в межах 8,2–8,3. До кінця літа спостерігається відносно швидке зниження pH до 8,1–8,2, у вересні-жовтні pH знижується до 8,0, опускаючись далі до значень, характерних для зимового періоду.

Лужність води у водосховищі змінюється і залежно від погодних умов. Так, в період випадання рясних атмосферних опадів (наприклад, червень–липень 1988 р., червень 1991 р., червень–липень 1992 р.) лужність води підвищувалася на 0,1–0,3 одиниці pH.

Це пов'язано із зростаючою застійністю води через зменшення водовідбору на зрошування з одночасним збільшенням принесення у водосховище біогенних речовин (живильного середовища для гідрофітів) поверхневим стоком з прилеглих територій під час опадів (вуглець, азот, фосфор, сірка, калій, залізо та ін.).

Лужність води у водосховищі і магістральних каналах залежить від розвитку фітопланктону (діатомові, зелені і синьо-зелені водорості). Провідним чинником дії на фітопланктон є швидкість течії води. При швидкій течії води вона аерується, збагачується киснем і вуглекислим газом. У результаті турбулентного руху води і частої зміни освітленості розвиток фітопланктону уповільнюється. У зарегулюваному Головному Каховському магістральному каналі швидкість води досягає 0,3–0,5 м/с [1]. Лужність води у Каналах Каховської зрошувальної системи вище ніж у Каховському водосховищі (рис. 4). Збільшення площ зрошуваних земель та питомої водоподачі на зрошення буде сприяти збільшенню проточності, уповільненню розвитку водоростей та поліпшенню якості поверхневих вод.

Рис. 4. **Лужність поверхневих вод у Каховському водосховищі та каналах Каховської зрошувальної системи**

При величині pH більше 8,2–8,3 у воді з'являється карбонатна сода (CO_3^{2-}), зміст якої при pH 8,5–8,6 досягає критичних меж для зрошувальних вод – 0,24–0,30 мг-екв/дм^3. Такі несприятливі для поливів сільськогосподарських культур характеристики має вода Каховського водосховища протягом найінтенсивнішого водозабору в магістральні канали – з квітня по липень включно. І лише поливи пожнивних культур і вологозарядкові поливи забезпечуються, як правило, придатною для зрошування водою (рис. 5).

Вода водосховища служить джерелом зрошувальних вод в Херсонській області на площі більше 300 тис.га. Темно-каштанові залишково солонцюваті ґрунти Херсонської області відносяться до групи лужних і в результаті довготривалого зрошення лужними водами вони погіршують свої властивості, що у свою чергу негативно позначається на їх продуктивності. Для грунтів Херсонської області води Каховського водосховища по показнику pH відносяться до II класу – «обмежено придатним для зрошення» – і використовування їх вимагає вживання комплексу прийомів, які застерігають деградацію ґрунтів, а саме внесення в грунт гіпсу або фосфогіпсу дозою 4–5 т/га один раз на 4-5 роки.

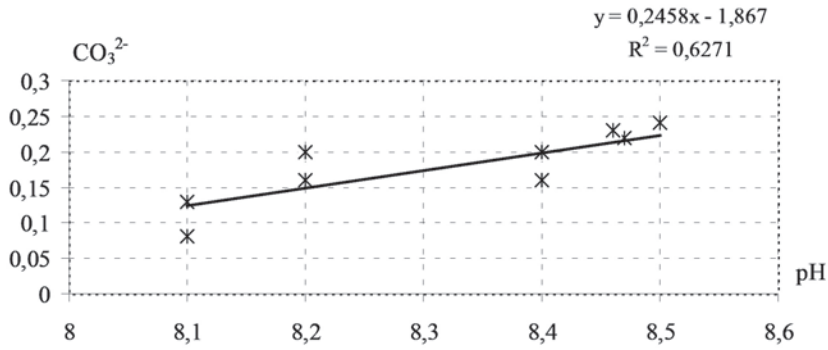


Рис. 5. **Залежність між pH та CO_3^{2-} у поверхневих вод Каховського водосховища (середні дані за 2015-2018 рр.)**

Висновки.

1. Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення мінералізації поверхневих вод з 0,30 г/дм^3 (1938 рр., р. Дніпро до заповнення чаші водосховища) до 0,43 г/дм^3 (2018 р., Каховське водосховище). За цей самий період відбувається збільшення середньої температури повітря за вегетаційний період (IV-X місяці) з 15,9°C (1938 р.) до 20,5°C (2018 р.). Визначена залежність між температурою повітря за вегетаційний період а мінералізацією

поверхневих вод. Збільшення температури повітря на 1,0^{0}С призводить до підвищення мінералізації поверхневих вод на 0,03 г/дм^3, що підтверджено логарифмічним рівнянням а коефіцієнтом кореляції.

2. Визначено, що за період експлуатації Каховського водосховища спостерігається тенденція до збільшення лужності (pH) поверхневих вод з 7,6 (1960 р.), до 8,05 (2018 р.). У результаті підвищення температури і посилення сонячної активності зростає фотосинтезуюча діяльність фітопланктону і вищої водної рослинності. У зарегульованих магістральних каналах лужність води підвищена (величина pH досягає 8,3–8,5). Це обумовлено слабкою течією води та застійними явищами, що сприяє розвитку водоростей та фітопланктону. При досягненні лужності води критичних меж, потрібно виконувати заходи по її хімічної меліорації.

3. При величині pH більше 8,2–8,3 у воді з'являється карбонатна сода (CO_3^{2-}), зміст якої при pH 8,5–8,6 досягає критичних меж для зрошувальних вод – 0,24–0,30 мг-екв/дм^3. Такі несприятливі для поливів сільськогосподарських культур характеристики має вода Каховського водосховища протягом найінтенсивнішого водозабору в магістральні канали – з квітня по липень включно.

4. Зрошувальна вода Каховського водосховища відноситься до II класу – «обмежено придатна» по лужності і повинна використовуватися при обов'язковому здійсненні комплексу заходів щодо попередження деградації зрошуваних грунтів.

HYDROCHEMICAL MODE OF SURFACE WATERS UNDER CLIMATE CHANGE IN THE SOUTHERN REGION OF UKRAINE

Morozov O.V. *– Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*
Morozova O.S. *– Candidate of Sciences (Economics), Associate professor,*
Kerimov A.N. *– Candidate of Sciences (Agricultural Sciences), Associate professor*
Kherson State Agrarian University,
morozov-2008@ukr.net, lena_morozova2015@ukr.net, alihocakerim@smail.com

One of the reasons for the need to refine the existing, and in many cases the formation of, new scientific approaches to the organization of water use and land irrigation in Ukraine is the global climate change and the ever-growing shortage of suitable water resources. Climate change causes deterioration of surface water quality and limits its suitability for agronomic criteria.

It is determined that during the period of operation of the Kakhovka reservoir there is a tendency to increase the mineralization of surface water from 0,30 g/dm^3 (1938 year, the Dnieper River to the filling of the reservoir bowl)

to 0,43 g/dm^3 (2018 year, the Kakhovka reservoir). During the same period, the average air temperature for the growing season increased from 15.9°C (1938 year) to 20,5°C (2018 year). The dependence between the air temperature during the growing season and the mineralization of surface water has been determined. Increasing the air temperature by 1,0°C leads to an increase in surface water mineralization by 0,03 g/dm^3, which is confirmed by the logarithmic equation.

It is determined that during the period of operation of the Kakhovka reservoir there is a tendency to increase the alkalinity (pH) of surface water from 7,6 (1960 year) to 8,05 (2018 year).

As a result of increasing the temperature and increasing solar activity, photosynthetic activity of phytoplankton and higher aquatic vegetation increases. In regulated trunk channels, the alkalinity of water is increased (pH reaches 8,3–8,5). This is due to weak water flow and stagnation.

As a result of increasing the temperature and increasing solar activity, photosynthetic activity of phytoplankton and higher aquatic vegetation increases. When reaching the alkalinity of water of critical limits, it is necessary to take measures for its chemical reclamation. At pH greater than 8,2–8,3 carbonate baking soda (CO_3^{2}-) appears in water, the content of which at pH 8,5–8,6 reaches critical limits for irrigation water – 0,24–0,30 mg-eq/dm^3. Such unfavorable for irrigation of crops characteristics has water of the Kakhovka reservoir during the most intensive water intake into the main channels – from April to July inclusive. The irrigation water of the Kakhovka reservoir belongs to the class II – "limited suitable" in alkalinity and should be used in the obligatory implementation of a set of measures to prevent the degradation of irrigated soils.

Keywords: hydrochemical regime, surface water quality, climate change, irrigation system.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адаптація агротехнологій до змін клімату: грунтово–агрохімічні аспекти: колективна монографія. За наук. ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, Б.С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
2. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. За ред. В.А. Сташука, С.А. Балюка, М.І. Ромащенка. Київ : Аграрна наука, 2009. 624 с.
3. Ромащенко М.І. Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні. НААН України, Ін-т вод. пробл. і меліорації. К.: Аграр. наука, 2012. 28 с.
4. Морозов В.В., Морозов О.В., Ченіна Н.О., Козленко Є.В. Обґрунтування критеріїв якості поливної води для ґрунтів Інгулецького зрошуваного масиву. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 99. С. 88–93.
5. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В., Кабаченко А.І. Методичні підходи щодо оцінки якості поверхневих та ґрунтових вод в системі

еколого-меліоративного моніторингу (на прикладі Інгулецького зрошуваного масиву). *Водні ресурси: Сільськогосподарські науки*. 2019. № 2. С. 45–55.
6. Kanwar J., Kanwar B. Qualiti of irrigation water. IX Interm. Congress of Soil Science. 1968. 4. pp. 391–401.
7. Ващенко Ю.І., Цілинко М.І., Дахновський В.І. Покращення якості води в екосистемі Каховського магістрального каналу біологічним шляхом. *Водне господарство України*, 2006, № 5.
8. Гидробиология каналов Украинськой ССР. К.: Наукова думка, 1990.
9. Денисова О.І., Майстренко Ю.Г. Гідрохімія Каховського водоймища. К.: АН УРСР, 1962.
10. ДСТУ 2730:2015. Якість довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015.
11. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1988.
12. Исаев А.И., Карпова Е.И. Рыбное хозяйство водохранилищ. М.: Агропромиздат, 1989.
13. Оксиюк О.П., Стольберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. К.: Наукова думка, 1986.
14. Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я. Цветение воды и евтрофирование. К.: Наукова думка, 1978.

REFERENCES

1. Baliuk S.A., Medvediev V.V., Nosko B.S. (2018) *Adaptatsiia ahrotekhnolohii do zmin klimatu: gruntovo-ahrokhimichni aspekty: kolektyvna monohrafiia* [Adapting agrotechnologies to climate change: soil-agrochemical aspects: collective monograph]. Kharkiv: Stylna typohrafiia. [in Ukrainian].
2. Stashuk V.A., Baliuk S.A., Romashchenko M.I. (2009) *Naukovi osnovy okhorony ta ratsionalnoho vykorystannia zroshuvanykh zemel Ukrainy* [Scientific fundamentals of protection and rational use of irrigated lands of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian].
3. Romashhenko M.I. (2012). *Naukovi zasady rozvytku zroshennja zemel' v Ukrai'ni.* [Scientific principles of land irrigation development in Ukraine]. NAAN Ukrai'ny, In-t vod. probl. i melioracii'. Kyiv: Agrarna nauka. [in Ukrainian].
4. Morozov V.V., Morozov O.V., Chenina N.O., Kozlenko E.V. (2018). *Obg'runtuvannja kryterii'v jakosti polyvnoi'vody dlja g'runtiv Ingulec'kogo zroshuvanogo masyvu* [Substantiation of irrigation water quality criteria for Soils of Ingulets irrigated massif]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk*. no. 99. pp. 88–93. [in Ukrainian].

5. Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko E.V., Kabachenko A.I. (2019). *Metodychni pidhody shhodo ocinky jakosti poverhnevyh ta g'runtovyh vod v systemi ekologo-melioratyvnogo monitoryngu (na prykladi Ingulec'kogo zroshuvanogo masyvu).* [Methodical approaches to the estimation of surface and groundwater quality in the system of ecological-reclamation monitoring (on the example of the Ingulets irrigated massif)]. *Vodni resursy: Sil's'kogospodars'ki nauky*. no. 2. pp. 45–55. [in Ukrainian].
6. Kanwar J., Kanwar B. (1968). Qualiti of irrigation water. IX Interm. Congress of Soil Science. no. 4. pp. 391–401.
7. Vashhenko Ju.I., Cilynko M.I., Dahnovs'kyj V.I. (2006). *Pokrashhennja jakosti vody v ekosystemi Kahovs'kogo magistral'nogo kanalu biologichnym shljahom.* [Biological improvement of water quality in the ecosystem of the Kakhovka main canal]. *Vodne gospodarstvo Ukrai'ny.* no. 5. [in Ukrainian].
8. Hydrobiology of channels of the Ukrainian SSR. (1990). Kyiv: Scientific Thought. [in Russian].
9. Denysova O.I., Majstrenko Ju.G. (1962). *Gidrohimija Kahovs'kogo vodojmyshha* [Hydrochemistry of the Kakhovka reservoir]. Kyiv: The USSR Academy of Sciences. [in Ukrainian].
10. *The quality of the environment. Quality of natural water for irrigation. Agronomic criteria* (2015). DSTU 2730:2015. Kyiv. Ministry of Economic Development of Ukraine. [in Ukrainian].
11. Zenin A.A., Belousova N.V. (1988). *Gidrohimicheskij slovar'*. [Hydrochemical Dictionary]. Leningrad : Gidrometeoizdat. [in Russian].
12. Isaev A.I., Karpova E.I. (1989). *Rybnoe hozjajstvo vodohranilishh*. [Fisheries reservoirs]. Moscow : Agropromizdat. [in Russian].
13. Oksijuk O.P., Stol'berg F.V. (1986). *Upravlenie kachestvom vody v kanalah*. [Water quality management in canals]. Kyiv : Naukova dumka. [in Russian].
14. Sirenko L.A., Gavrilenko M.Ja. (1978). *Cvetenie vody i evtrofirovanie*. [Water flowering and eutrophication]. Kyiv : Naukova dumka. [in Russian].

УДК 576.89:577
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.4

ОСОБЛИВОСТІ ПАРАЗИТОФАУНИ ПРОМИСЛОВИХ РИБ В ОКРЕМИХ ДІЛЯНКАХ ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОГО ЛИМАНУ

Оліфіренко В.В. *– к.вет.н.,*
Корнієнко В.О. *– к.с.-г.н.,*
Оліфіренко А.А. *– аспірант,*
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,
pavelolifirenko@gmail.com, frank438@ukr.net

Процес різнопланового, але досить специфічного тиску людини на природні гідроекоценози з роками демонструє сталу тенденцію до посилення. Одночасно з цим зростають потреби суспільства у прісній воді, що спонукало людство для вирішення цієї проблеми шляхом зарегулювання стоків річкових систем і утворення водосховищ різного типу та цільового призначення. За такої дії не збільшилися загальні запаси прісної води, але відбувся її перерозподіл у просторі і часі, що дало змогу водокористувачам позбутися залежності від термінів і обсягів повені та мати відповідні запаси води на протязі року, використовуючи її поступово, відповідно до потреб.

Цей загальносвітовий процес не минув Дніпра і сьогодні його система перетворилася у каскад великих рівнинних водосховищ, які сформувалися в наслідок будівництва гребель ГЕС. Таке втручання людини призвело до зміни гідрологічного режиму річкової системи, що у свою чергу негативно вплинуло на хімізм води, флору і фауну, не залишивши осторонь як іхтіофауну так і паразитофауну акваторій. Ситуація додатково погіршується і тим, що аграрний і промислово-побутовий комплекси вилучають з обігу значні об’єми пісної води і взамін скидають у річкову систему неочищену, або недостатньо очищену воду, яка несе у своєму складі перелік компонентів, не властивих для гідроекосистеми, що негативно впливає на гідробіоценози, іхтіопатологічну ситуацію.

За цих обставин доцільно розглянути сучасний стан функціювання гідроекосистеми Дніпровсько-Бузької гирлової області в якості моделі природних процесів і явищ, які відбуваються в умовах трансформації річкового стоку, що супроводжувалось прямим і опосередкованим впливом факторів середовища на фоні вираженого антропогенного впливу.

Ключові слова: паразитофауна, гідроекоценози, Дніпровсько-Бузький лиман, ступінь ураженості риб, видовий склад паразитів.

Актуальність проблеми. Постійно зростаючі потреби у прісній воді та електроенергії викликають необхідність будівництва гідроелектростанцій і створення накопичувачів прісної води – водосховищ, ставів та ін.

Перекриття русла річок греблями гідроелектростанцій супроводжується зміною гідрологічного режиму початкової водойми [1, 2],

що здійснює великий вплив на видовий склад та чисельність окремих компонентів гідробіоценозів [1–4]. Відмінності в гідрологічному, гідрохімічному і гідробіологічному режимах в різних ділянках великих водойм, у тому числі естуаріїв, обумовлюють склад гідробіоценозів й встановлюють особливості в паразитофауні риб [5–7]. З'ясування особливостей формування паразитофауни промислових видів риб в різних ділянках естуарію має важливе теоретичне і велике практичне значення у зв'язку із задачею максимально ефективного рибогосподарського використання окремих ділянок водойми. Керуючись викладеним вважаємо, що вивчення паразитофауни промислових видів риб дозволить отримати певну інформацію, яка буде сприяти підвищенню ефективності експлуатації рибопромислових акваторій, підвищенню рівня безпечності риби і рибної продукції

Аналіз досліджень та публікацій. Дніпровсько-Бузька гирлова область – унікальний регіон, екологія якого на протязі тривалого історичного періоду формувалася під впливом прісних вод Дніпра і Південного Бугу та солоних вод Чорного моря, на фоні природного впливу клімату і достатньо специфічних ґрунтів, що поєднувалося з водною і вітровою ерозією. За цих умов, що закономірно, поступово відбувалися зміни гідрологічного, фізико-хімічного режиму водних мас, що опосередковано і безпосередньо впливало на флору і фауну гідроекосистеми, а саме на видовий склад, чисельність і біомасу компонентів гідробіоценозів.

Систематичне вивчення стану екосистем Дніпровсько-Бузької гирлової області припадає на середину минулого століття, коли суттєву увагу було приділено змінам, шо відбулися після зарегулювання Дніпра каскадом водосховищ. Це були масштабні систематичні дослідження колективів різних науково-дослідних установ.

Було чітко визначено особливості гідрології Пониззя Дніпра та Дніпровсько-Бузького лиману в умовах як до побудови Каховської ГЕС, так і після зарегулювання стоку ріки. Отримані дані знайшли своє відображення в наукових публікаціях ряду авторів – Костяніцина М.Н., Журавльової Л.А., Жукінського В.Н., Іванова А.І., Тимченка В.М., Гільмана В.Л., Оксіюка О.П., Поліщука В.С., Романенка В.Д., Правоторова Б.І. [8–11].

Зарегулювання стоку Дніпра викликало суттєві зміни фізико-хімічного складу води Дніпровсько-Бузької гирлової області. Найбільш вагомий внесок у визначення параметрів води даної акваторії, змін якості води під впливом зростаючого антропогенного впливу, внесли дослідження В.Н. Жукінського, Л.А. Журавльової, Н.Г. Олександрова [12–14].

У ході комплексних досліджень екосистеми з огляду на рибогосподарське використання Дніпровсько-Бузької гирлової області та необхідності оцінки біопродукційного потенціалу акваторії суттєва увага

приділялася визначенню первинної продукції такими науковцями як А.Д. Приймаченко, О.І. Іванов [15, 16].

За новітньої історії України дослідження щодо стану функціювання екосистем, дослідження паразитарного стану промислових видів риб Дніпровсько-Бузької гирлової області носили вкрай спорадичний та фрагментарний характер і знайшли відображення у статтях окремих фахових видань та тезах низки науково-практичних конференцій.

Постановка завдання. Дослідженнями, проведеними А.П. Маркевичем і М.И. Черногоренко [17], встановлено, що видовий склад і ступінь зараженості молюсків личинковими стадіями трематод на різних ділянках Дніпровсько-Бузької гирлової області відмінні. У верхній частині естуарію зараженість молюсків трематодами у 3 рази вища, ніж у низовині. У зв'язку з цим великий інтерес представляє з'ясування особливостей паразитофауни промислових видів риб в різних ділянках Дніпровсько-Бузького естуарію й встановлення факторів, що їх обумовлюють.

Матеріали і методи досліджень. Збір матеріалу для паразитологічного дослідження приводився в ряді пунктів дельти Дніпра і Дніпровско-Бузького лиману в період з 2018 по 2020 роки. Дослідження проводилися в умовах Лабораторій ветеринарно-санітарної експертизи № 4 і № 11 м. Херсон, з використанням стандартного устаткування та інструментів. Усього методом повного гельмінтологічного розтину досліджено 1015 екземплярів риб 18 видів. Район промислу риби встановлювався за наданими ветеринарними документами.

Паразитологічні дослідження проводилися згідно «Правил ветеринарно-санітарного дослідження прісноводної риби і раків» [18]. Фіксація і камеральна обробка зібраних матеріалів проводилася загальноприйнятими способами, прийнятими при паразитологічних дослідженнях у ветеринарній медицині [19].

Математична обробка отриманих результатів здійснювалася згідно загальновідомих рекомендацій з допомогою статистичних програм пристосованих для Windows 10.

Результати досліджень. Нами досліджено 1015 екземплярів риб 12 видів, у тому числі в верхній частині естуарію 257 екземплярів, у середній частині 503, та в пониззі – 254 екземпляри. Виявлено 108 видів паразитів.

Як було встановлено в результаті проведених досліджень, у верхній частині естуарію зараженість риб майже всіма групами паразитів (за виключенням моногеней) значно вище, ніж у середній і нижніх частинах. Особливо помітні відмінності в ступеню зараженості риб верхів'я в порівнянні з пониззям відмічено такими групами паразитів, як трематоди (в 1,4 рази), цестоди (в 1,7 рази), нематоди (в 2,4 рази), паразитичні ракоподібні (в 2 рази), глохідії молюсків (в 7 разів), скреблики (в 16 разів).

В основі розбіжностей у степені ураженості риб на різних ділянках водосховища лежать відмінності у характері біотопів, що діє на видовий склад і кількість вільноживучих водних тварин, багато з яких є проміжковими, додатковими, й дефінітивними хазяйвами гельмінтів риб, що мають складний цикл розвитку

У верхній частині естуарію, де на великій ділянці (біля тридцяти км) зберігається режим, близький до річкового, і куди впадають дрібні притоки Дніпра та Інгулець, є умови для існування багатьох представників реофільних ценозів. У значних кількостях тут виявлені легеневі (*Limnaes, Coretus, Redix*, *Physa*),передньзяаброві (*Bithynia, Lithoglyphus, Valvata, Teodoxus,Viviparus*) та двостулкові (*Unio, Anadonta, Pisidium, Sphaerium*) молюски, які беруть участь у завершені життєвих циклів багатьох видів трематод. Тут у складі гідробіоценозів зустрічаються водяні віслюки (*Asellusaquaticus*), які є проміжковими хазяйвами скребликів, а також струмковики, поденки, личинки бабок та інші водні комахи, які беруть участь у завершені життєвих циклів деяких нематод та трематод. Тому на цій ділянці естуарію найбільш різноманітний видовий склад трематод, нематод, скребликів (*Aspidogaeter limacoides, Busephalus, polymorphus, Rhaphidocotyleillense, Sanguinicolaintermis, S.intrmedis, S. Volgensis, Phyllodistomumelongatum, Ph. Angulatum, Ph. Folium, Allocreadiumisoporum, A. dogieli, Sphareostomadramae, Sph. Globiporum, Bunoderaluciopersae, Asymphylodoraimitans, A. Tinsae, Palaeorchiaunicue, Srowereroosumakrjabini, Siotyluruspiletus, C. Plathusephalus, Diplostomumspathaceum, D. Clevatum, Posthodiplostomumcuticola, Apophalum, mihlingi, Opisthoronisfelineus, metagonimusyokogawai, Rhaphidascarieacus, Camalanustruncatus, C. Lacustris, Philometraabdominalis, Ph. Lusiana, Acanthocphaluslusii, A. Anguillae, Neoechainorhynchusrutile* та інші) та вищий ступінь зараженості ними риб.

У глибоководній середній частині (правий берег) та особливо в пониззі, де течія практично відсутня, у складі гідробіоценозів переважають представники лімнофільного комплексу, а саме дрейсена, малощітинкові хробаки, хірономіди, гілястовусі, веслоногі ракоподібні, зараженість яких личинками гельмінтів не значна.

У пониззі представники *Sanguinicolaintermedia, Allocrediumdogieli, A. isoporum, Sphaerostomaglobiporum, Bunoderalisiopercae, Asimphilodoratincae, palaeorchisunicus, Acanthosiephaluslusii, A.Anguillae, Neoechinorhynchusrutili* нами не спостерігались. Причина цього криється у відсутності тут проміжкових хазяїв. У глибоководних, що мешкають у цьому регіоні, *Lithoglyphusneticoides* та *Valvatapiscinalis* личинкові стадії вказаних трематод не виявлені, присутність водяного віслюка на цій ділянці водойми не встановлено. Таким чином, життєвий цикл цих гельмінтів виявився розірваним та вони випали зі складу гідробіоценозів.

Однак варто відмітити, що по морфометричним показникам Дніпровсько-Бузький естуарій значно відрізняється від Каховського водосховища, що визначає помітні відмінності у видовому складі й ступені зараженості гельмінтами риб на різних ділянках цих водойм, не зважаючи на сусіднє розташування. Середня і нижня ділянки Каховського водосховища характеризуються глибоководністю. Тут відсутні зарості водяної рослинності, дно значно замулене. Це зумовлює надзвичайну бідність видового складу трематод і, як наслідок, слабку зараженість ними риб та молюсків.

У середній частині естуарію є великі ділянки мілководій, придатних для життя багатьох видів черевоногих та двостулкових молюсків. У пониззі такі умови є в мілководних лиманах. Цим і пояснюється той факт, що, на відміну від Каховського водосховища, у Дніпровско-Бузькому естуарії на всіх ділянках у риб зустрічаються такі види трематод, як *Sanguinicolaintermis, S. Volgenais*, *Phillodistomumangulatum, Sphaerostomabramae, Asymphylodoraimitans, Crowcroecumskrjabini,* метацеркарії родів *Cotylurus, Displostomum, Posthodiplostomum, Apophallus.*

Широке розповсюдження по всьому естуарію та висока чисельність малощетинкових хробаків й веслоногих ракоподібних обумовлює повсюдну зустрічаємісь у промислових видів риб Дніпровско-Бузького естуарію паразитів, які розвиваються з їх участю – *Caryophyllaeuslatiseps*, *C.Fimbriceps, Caryophyllaeidesfennica, Ligulaintestiinalis, Digrammainterrupta, Proteocephalusosculatus, P. Torulosus, P. Percae, Camallanuslacustris, C. Truncates, Fhilometraabdominalis, Ph. Luisina, Ph. Rischta, Ph. Sanguines, Capilleriabrevispicula.* Аналогічне явище відмічено й в інших водосховищах, наприклад Каховському.

Висновки. Наведені данні свідчать про те, що основними факторами, які впливають на видовий склад і ступінь зараженості риб паразитами зі складним циклом розвитку в різних ділянках естуарію є відмінність в характері біотопів і складі гідробіоценозів. Останнє залежить, в свою чергу, від особливостей гідрологічного та гідрохімічного режимів на той чи іншій ділянці водойми.

Розбіжності в зараженості паразитичними ракоподібними та глохідіями молюсків зумовлюються в основному абіотичними факторами.

У пониззі значно інтенсивніше розвиваються синьо-зелені водорості, значно погіршуючи кисневий режим. Тут більше осаджується органічних речовин, що супроводжується замуленням ложа. Це явище вкрай негативно впливає на життя двостулкових молюсків родини *Unionidae*. Як показали спеціальні дослідження, чисельність уніонід у пониззі значно нижче, ніж у верхів'ї та мілководній дільниці середньої частини естуарію. Зважаючи на цей факт, зараженість риб глохідіями в пониззі виявилась у 7 разів нижче, ніж в верхів'ї водосховища. Ті ж умови, а також значно

гірша прогріваємість води в глибоководній нижній частині естуарію, а саме у межах русла Дніпра та Бакая, обумовлює значно меншу чисельність тут паразитичних ракоподібних.

Значно складніше пояснюються розбіжності у зараженості риб верхньої та нижньої частини естуарію паразитичними найпростішими (інфузорії, мікро- й міксоспоридії, кокцидії). Підтримує більш високе зараження риб інфузоріями в верхів'ї, без сумніву, краща прогріваємість води на мілководних ділянках, а також більша чисельність риб, особливо молоді, на нерестилищах, загальні площі яких знаходяться у середній й верхній частині естуарію.

На поширення мікро- й міксоспорідій та кокцидій обмежуючий вплив мають глибинні ділянки естуарію.

FEATURES OF INDUSTRIAL FISH PARASITOFUNA IN SEPARATE SITES OF THE DNEPROVSKO-BUZHYI EMBASSY

Olifirenko V.V. *– Candidate of Veterinary Sciences,*
Cornienko V.O. *– Candidate of Agricultural Sciences,*
Olifirenko A.A. *– Postgraduate Student,*
Kherson State Agrarian University,
pavelolifirenko@gmail.com, frank438@ukr.net

The process of diverse, but rather specific human pressure on natural hydroecocenoses over the years shows a steady tendency to increase. At the same time, the needs of the freshwater society have been increasing, prompting humanity to address this problem by regulating runoff of river systems and creating reservoirs of various types and purpose. This action did not increase the total fresh water supply, but redistributed it in space and time, allowing water users to get rid of the flood timing and volume and to have adequate water supplies throughout the year, using it gradually as needed.

This global process has not passed the Dnieper and today its system has become a cascade of large flat reservoirs, which were formed as a result of the construction of HPP dams. Such human intervention led to a change in the hydrological regime of the river system, which in turn adversely affected the chemistry of water, flora and fauna, without leaving aside both the ichthyofauna and the parasitofauna of the waters. The situation is further exacerbated by the fact that the agrarian and industrial complexes remove significant volumes of drinking water from circulation and in return discharge into the river system untreated or insufficiently purified water, which has in its composition a list of components that are not typical for the hydro-ecosystem, affects the hydrobiocenoses, ichthyopathological situation.

In these circumstances, it is advisable to consider the current state of functioning of the hydro-ecosystem of the Dnieper-Bug estuary as a model of natural processes and phenomena that occur in conditions of river runoff transformation, which was

accompanied by direct and indirect influence of environmental factors on the background of pronounced anthropogenic influence.

Keywords: parasitofauna, hydroecocenoses, Dnipro-Busk estuary, degree of fish damage, species composition of parasites.

ЛІТЕРАТУРА

1. Владимиров В.Н., Сухойван П.Г. Бугай К.С. Размножение рыб в условиях зарегулированного стока реки (на примере Днепра). К. : Изд-во АН УССР, 1963. 326 с.
2. Підкамінний І.М. Стан природно-ресурсного потенціалу України. *Екологія і ресурси*. К., 2002. № 3. С. 180–184.
3. Догель В.А. Паразитофауна и окружающая среда. Некоторые вопросы экологии паразитов. Л., 1958. С. 9–14.
4. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоёмов северо-западного Причерноморья. К.: Наукова думка, 1990. 240с.
5. Комарова Т.И. Формирование паразитофауны личинок и мальков рыб Кременчугского водохранилища. *Гидробиологический журнал*. 1976. № 12. С .43–48.
6. Богданова Е.А. Паразитофауна рыб меняется. *Рыбное хозяйство*. 1991. № 6. С. 47–49.
7. Бауэр О.Н. Популяционная екология паразитов рыб, состояние и перспективы. *Паразитол. сборник*. Л. 1980. № 29. С. 24–34.
8. Костяницын М.Н. Гидрология устьевой области Днепра и Южного Буга. М.: Гидрометеоиздательство, 1976. 336 с.
9. Журавлёва Л.А., Жукинский В.Н., Иванов А.И. Влияние гидротехнического строительства на гидрологию и качество воды в Днепровско-Бугской устьевой области. Труды Всесоюзного гидрологического съезда. Л.; Гидрометеоиздательство, 1976. Т. 9. С. 146–152.
10. Полищук В.С., Замбриборщ Ф.С., Тимченко В.М. Лиманы Северного Причерноморья. К.; Наукова думка, 1990. 204 с.
11. Правоторов Б.И., Воробйова В.А. Сучасний стан рибних запасів у Дніпровсько-Бузькій гирловій області. *Таврійський науковий вісник.* Херсон; Айлант, 1998. Вип. 7. С. 273–277.
12. Романенко В.Д., Оксиюк О.П., Жукинский В.Н. Экологические проблемы межбассейновых перебросов стока. К.; Наукова думка, 1982. С. 114–128.
13. Журавлёва Л.А. Гидрохимия устьевой области Днепра и Южного Буга в условиях зарегулированного речного стока. К.; Наукова думка, 1988. 194 с.
14. Александрова Н.Г., Мороз Т.Г., Полищук В.С., Россова Е.Я. Комплексная оценка качества воды низовья Днепра. *Водные ресурсы.* 1985. № 6. С. 127–199.

15. Приймаченко А.Д. Первинна продукція фітопланктону і деструкція органічної сировини у водній товщі Дніпро-Бузького лиману. К.: Наукова думка, 1971. 155 с.
16. Иванов А.И. Фитопланктон устьевых областей рек Северо-Западного Причерноморья. К.: Наукова думка, 1982. 212 с.
17. Маркевич А.П., Черногоренко М.И. Влияние гидростроительства на трематодофауну моллюсков Днепра. *Проблемы паразитологии.* К., 1975. С. 5–9.
18. Правила ветеринарно-санитарного исследования пресноводной рыбы и раков. М.: Колос, 1991. 102 с.
19. Микитюк П.В. Лабораторный практикум по болезням рыб. К.: Урожай. 1996. 204 с.

REFERENCES

1. Vladimirov V.N., Suhojvan P.G. Bugaj K.S. (1963). *Razmnozhenie ryb v uslovijah zaregulirovannogo stoka reki (na primere Dnepra).* [Fish reproduction in the conditions of regulated river flow (on the example of the Dnieper)]. Kyiv : Izd-vo AN USSR. [in Russian].
2. Pidkaminnyj I.M. (2002). *Stan pryrodno-resursnogo potencialu Ukrai'ny.* [The state of the natural resource potential of Ukraine]. *Ekologija i resursy*. Kyiv, 2002. no. 3. pp. 180–184. [in Ukrainian].
3. Dogel' V.A. (1958). *Parazitofauna i okruzhajushhaja sreda. Nekotorye voprosy jekologii parazitov.* [Parasitofauna and the environment. Some environmental issues of parasites]. Leningrad. pp. 9–14. [in Russian].
4. Timchenko V.M. (1990). *Jekologo-gidrologicheskie issledovanija vodojomov severo-zapadnogo Prichernomor'ja.* [Ecological and hydrological studies of reservoirs in the northwestern Black Sea region]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
5. Komarova T.I. (1976). *Formirovanie parazitofauny lichinok i mal'kov ryb Kremenchugskogo vodohranilishha*. [The formation of the parasitofauna of fish larvae and fish fry of the Kremenchug reservoir]. *Gidrobiologicheskij zhurnal*. no. 12. pp .43–48. [in Russian].
6. Bogdanova E.A. (1991). *Parazitofauna ryb menjaetsja*. [Parasitofauna of fish is changing]. *Rybnoe hozjajstvo*. no. 6. pp. 47–49. [in Russian].
7. Baujer O.N. (1980). *Populjacionnaja ekologija parazitov ryb, sostojanie i perspektivy*. [Population ecology of fish parasites, state and prospects]. *Parazitol. sbornic*. Leningrad. no. 29. pp. 24–34. [in Russian].
8. Kostjanicyn M.N. (1976). *Gidrologija ust'evoj oblasti Dnepra i Juzhnogo Buga.* [Hydrology of the estuary of the Dnieper and Southern Bug]. Moscow: Gidrometeoizdatel'stvo. [in Russian].
9. Zhuravljova L.A., Zhukinskij V.N., Ivanov A.I. (1976). *Vlijanie gidrotehnicheskogo stroitel'stva na gidrologiju i kachestvo vody v*

Dneprovsko-Bugskoj ust'evoj oblasti. [The influence of hydraulic engineering on hydrology and water quality in the Dnieper-Bug estuary]. *Trudy Vsesojuznogo gidrologicheskogo s#ezda*. Leningrad, Gidrometeoizdatel'stvo. Vol. 9. pp. 146–152. [in Russian].

10. Polishhuk V.S., Zambriborshh F.S., Timchenko V.M. (1990). *Limany Severnogo Prichernomor'ja.* [Estuaries of the Northern Black Sea]. Kyiv, Naukova dumka. [in Russian].
11. Pravotorov B.Y., Vorobjova V.A. (1998). *Suchasnyj stan rybnyh zapasiv u Dniprovs'ko-Buz'kij gyrlovij oblasti.* [The current status of the fish stocks in the Dnieper-Busk mouth region]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk*. Herson; Ajlant. Ussue 7. pp. 273–277. [in Ukrainian].
12. Romanenko V.D., Oksijuk O.P., Zhukinskij V.N. (1982). *Jekologicheskie problemy mezhbassejnovyh perebrosov stoka.* [Ecological problems of inter-basin runoff diversions]. Kyiv, Naukova dumka. pp. 114–128. [in Russian].
13. Zhuravljova L.A. (1988). *Gidrohimija ust'evoj oblasti Dnepra i Juzhnogo Buga v uslovijah zaregulirovannogo rechnogo stoka*. [Hydrochemistry of the estuarine region of the Dnieper and the Southern Bug in a regulated river flow]. Kyiv, Naukova dumka. [in Russian].
14. Aleksandrova N.G., Moroz T.G., Polishhuk V.S., Rossova E.Ja. (1985). *Kompleksnaja ocenka kachestva vody nizov'ja Dnepra.* [Comprehensive assessment of the water quality of the lower Dnieper]. *Vodnye resursy*. no. 6. pp. 127–199. [in Russian].
15. Pryjmachenko A.D. (1971). *Pervynna produkcija fitoplanktonu i destrukcija organichnoi' syrovyny u vodnij tovshhi Dnipro-Buz'kogo lymanu*. [Primary production of the phytoplankton and destruction of organic raw materials in the water column of the Dnieper-Buga estuary]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian].
16. Ivanov A.I. (1982). *Fitoplankton ust'evyh oblastej rek Severo-Zapadnogo Prichernomor'ja*. [Phytoplankton of estuarine areas of the rivers of the North-Western Black Sea]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
17. Markevich A.P., Chernogorenko M.I. (1975). *Vlijanie gidrostroitel'stva na trematodofaunu molljuskov Dnepra*. [The influence of hydro construction on the trematodofauna of mollusks of the Dnieper]. *Problemy parazitologii*. Kyiv. pp. 5–9. [in Russian].
18. *Pravila veterinarno-sanitarnogo issledovanija presnovodnoj ryby i rakov.* [Rules for veterinary and sanitary research of freshwater fish and crayfish]. Moscow: Kolos, 1991. [in Russian].
19. Mikitjuk P.V. (1996). *Laboratornyj praktikum po boleznjam ryb.* [Laboratory Workshop on Fish Diseases]. Kyiv: Urozhaj. [in Russian].

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.2/3:006.83
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5

ХАРЧОВА БЕЗПЕКА ВІТЧИЗНЯНОЇ ПРОДУКЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ ЯК ГАРАНТОВАНА ПЕРЕДУМОВА ВИХОДУ НА ЗОВНІШНІ РИНКИ

[1]***Дюдяєва О.А.*** *– ст. викладач, консультант з питань експорту,*
[2]***Бех В.В.*** *– д.с.-г.н., професор,*
[1]*ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,*
[2]*Національний університет біоресурсів*
і природокористування України,
dyudyaeva.olga@gmail.com

Угода про асоціацію між Україною та ЄС та створення зони вільної торгівлі (ЗВТ) сприяє усуненню нетарифних бар'єрів, у тому числі у рибній галузі. Сторони Угоди домовилися уніфікувати стандарти, вимоги та систему контролю безпечності продукції. Гармонізація українського законодавства, регулювання та стандартів безпечності продукції з європейськими спростить вихід продукції аквакультури вітчизняного виробника на достатньо великий та захищений ринок, процедури отримання документів про відповідність вимогам ЄС також спрощуються.

Вирішення питань харчової безпеки на рівні міжнародних організацій передбачає наповнення споживчого кошика харчовою рибною продукцією таким чином, що більша її частина має забезпечуватись продукцією аквакультури.

Розглянуто стан світового виробництво риби та рибної продукції та частки продукції аквакультури у ньому. Проведено аналіз споживання риби в світі, країнах ЄС та Україні. За оцінками ФАО у 2018 році світовий видобуток водних живих ресурсів зріс на 2,1% до 178,8 млн. тонн. Також збільшився на 0,3 кг і середньорічний показник світового споживання риби і рибопродуктів та склав 20,7 кг на людину на рік. Разом із відносно статичним розвитком рибного господарства з кінця 1980-х років саме за рахунок аквакультури відбувалось зростання споживання рибної продукції в світі.

Світове виробництво аквакультури у 2016 р. було 110,2 млн. т, з яких 80,0 млн. тонн продовольчої риби. Частка аквакультури у світовому рибному господарстві безперервно зростає, у 2016 році досягла 46,8 відсотка (25,7 відсотка у 2000 р.). За період 2001–2016 рр. темпи щорічного збільшення частки аквакультури складали 5,8 відсотка і на сьогодні зростають швидше, ніж інші основні сектори харчової промисловості.

У розрахунку на душу населення зросло споживання рибної продукції від 9,0 кг у 1961 р. до 20,5 кг у 2017 році при середньому зростанні близько 1,5 відсотка на рік.

Серед основних причин збільшення споживання рибної продукції, в тому числі аквакультури, стало збільшення об'ємів виробництва, покращення каналів збуту та зростаючий попит, пов'язаний із приростом населення.

Аналіз статистичних даних за 2018 рік показав споживання риби і рибопродуктів в Україні – 12,3 кг на особу, що на 13–15% вище ніж у попередні роки, але на 40% нижче від середньосвітового показника.

Розширення внутрішнього ринку рибної продукції, в тому числі споживчого ринку, експортне освоєння європейського ринку можливо за рахунок участі малого та середнього бізнесу, його зацікавленості у сучасних технологіях в аквакультурі, культивування нових об'єктів аквакультури.

З метою успішного експорту вітчизняної продукції аквакультури та рибальства, має бути проведена імплементація національного законодавства відповідно до європейського, в тому числі харчового законодавства ЄС, упровадженні процедури виведення продукції на зовнішні ринки відповідно до міжнародних норм.

У статті розглянуто розбіжності в державних, європейських та міжнародних вимогах щодо забезпечення контролю за дотриманням таких показників як вміст токсичних елементів, радіонуклідів, пестицидів та інших контамінантів. Проведено порівняльний аналіз вимог до показників безпеки в нормативних документах різного рівня.

Запропоновано шляхи розширення ринку збуту вітчизняної продукції аквакультури та збільшення обсягів її реалізації за умови гармонізації показників безпеки продукції, які передбачені нормативними базами України, ЄС та міжнародними нормами.

Ключові слова: рибопродукція, аквакультура, безпека харчових продуктів, показники безпеки, стандарт, регламент, санітарні норми, гармонізація вимог, імплементація законодавства.

Актуальність поставленої задачі. Угодою про асоціацію між Україною та ЄС (далі – Угода), яку було підписано у 2014 році, передбачалося створення зони вільної торгівлі (ЗВТ). Починаючи з 1 січня 2016 року умови торгівлі між Україною та країнами ЄС, тимчасово по 31 серпня 2017 р., регламентувалися положеннями розділу IV «Торгівля і питання, пов'язані з торгівлею» Угоди в частині поглибленої та всеохоплюючої зони вільної торгівлі (ПВ ЗВТ). З 01 вересня 2017 р. Угода про асоціацію набула чинності в повному обсязі.

Встановлені умови визначали правила щодо лібералізації торгівлі товарами та послугами, механізми врегулювання торговельних спорів.

Важливим фактором вільної торгівлі товарами, зокрема з точки зору усунення нетарифних бар'єрів, має бути належна взаємодія у сфері аграрної політики, у тому числі розвитку рибного господарства та аквакультури, а також морської політики. Створюючи ЗВТ, Україна та Європейський Союз домовились уніфікувати стандарти, вимоги та систему контролю безпечності продукції.

Аналіз останніх досліджень. Україна, як одна з сторін Угоди, досягла суттєвого прогресу у виконанні нормативно-правових та інститу-

ційних зобов'язань у рамках імплементації положень Угоди про асоціацію в частині ПВ ЗВТ Україна-ЄС. Ключовими досягненнями української сторони стало приєднання України до Програми ЄС «Конкурентоспроможність підприємств малого і середнього бізнесу (COSME) (2014-2020)», завершення внутрішньо-державних процедур, необхідних для приєднання України до Регіональної Конвенції про преференційні правила походження товарів (ПЕМ-Конвенція). Урядом України схвалено Всеохоплюючу стратегію імплементації законодавства у сфері санітарних та фітосанітарних заходів, якою затверджено порядок систематичної нормативно-правової адаптації вітчизняного законодавства у сфері санітарних та фітосанітарних заходів до законодавства Євросоюзу.

Спільна співпраця та постійний діалог на рівні держаних установ триває й на сьогодні: виписуються дорожні карти щодо функціонування секторальних робочих груп у пріоритетних галузях промисловості з метою здійснення реформ у конкретних галузях.

Важливо зазначити, що з 01 лютого 2018 року Україна набула повноправного членства в Регіональній конвенції про пан-євро-середземноморські преференційні правила походження (Пан-Євро-Мед). Країни-учасниці цієї Конвенції можуть використовувати матеріали і сировину одна одної без втрати преференційного статусу походження. Таким чином, при виробництві товарів в Україні можна закуповувати сировину та комплектуючі в країнах-учасницях Конвенції, з якими Україна уклала угоди про вільну торгівлю, а вже готову продукцію експортувати до інших членів Конвенції, використовуючи ефект діагонального накопичення при встановленні преференційного статусу товару. Відповідно, також і українська продукція може використовуватись у виробництві в країнах-учасницях Конвенції для подальшого експорту.

Функціонування режиму вільної торгівлі між Україною та ЄС надає певні переваги українському бізнесу щодо поступового, впродовж певних перехідних періодів, скасування/зниження ставок увізного мита сторін на товари походженням з іншої сторони.

Для українського бізнесу це означає в першу чергу можливість виходу на достатньо сильно захищений (в тому числі і рівнями увізних мит) ринок держав-членів ЄС та вигравати порівняно з товарами ЄС не лише в якості, а й у ціні.

Для цього Україною проводиться низка реформ, в першу чергу в сфері технічного регулювання, санітарних та фітосанітарних заходів, підвищення стандартів якості та безпечності продукції.

Визнання української продукції на такому великому та цікавому для всіх держав світу ринку, як ЄС, автоматично означає спрощений вихід української продукції на ринки третіх країн.

Вже є перші досягнення від функціонування ЗВТ, результати якого підприємці та економіка України відчули. Це скасування мит на українську експортну продукцію на ринки країн Євросоюзу. Тобто, вироблена в Україні продукція фактично здешевіла, а, отже, стала більш конкурентною.

Гармонізація українського законодавства, регулювання та стандартів безпечності продукції з європейськими спрощують вихід вітчизняного виробника на новий ринок, процедура отримання документів про відповідність вимогам ЄС також спрощується.

Вищі стандарти виробництва стимулюватимуть поліпшення якості української продукції й для внутрішнього ринку.

Оцінка експертів продовольчого сектору України щодо експорту до країн Європейського Союзу виділила десять найбільш перспективних товарних позицій, щодо їх прибутковості для вітчизняного малого та середнього бізнесу. Серед продукції, умови експорту якої із підписанням Угоди значно спрощені, – це продукція рибної галузі та аквакультури. Рішенням Європейської Комісії № 2011/163/ЕС Україну включено до переліку третіх країн, які мають схвалені та узгоджені плани державного моніторингу залишків ветеринарних препаратів та забруднювачів щодо деяких продуктів тваринного походження, у тому числі продукції аквакультури (поки що морської).

Постановка завдання. Запровадження ПВ ЗВТ між Україною та ЄС відкриє нові можливості для виходу вітчизняної продукції аквакультури та рибальства на європейський ринок. Але цю можливість зможуть використати лише ті виробники, які чітко розуміють законодавчі норми та процедури розвитку свого бізнесу в нових умовах, у тому числі, на світовому рівні. На сьогодні недостатньо з боку представників бізнесу переглянути свої виробничі комунікації, модернізація виробництв, упровадження сучасних технологій та моделей ведення бізнесу.

Успішному експорту перешкоджає недостатній рівень знань щодо вимог законодавства з харчової безпеки та ступінь її імплементації в національне законодавство, що є вкрай важливо для виведення вітчизняної продукції на зовнішній ринок.

Для реалізації поставленої задачі, було вирішено провести аналіз відповідності вітчизняного та європейського законодавства щодо показників безпеки продукції аквакультури та рибництва та можливостей, пов’язаних із виходом на ринок Європейського Союзу.

Результати досліджень та їх обговорення. У зв’язку із скороченням природних рибних запасів та запасів інших гідробіонтів, що привело до зниження об’ємів їх добутку, Продовольча та сільськогосподарська організація Організації об’єднаних націй (ФАО) спільно з ЄС протягом останніх років реалізує низку програм і проектів в галузі рибальства та аквакультури,

в тому числі з питань подолання голоду. В цих проектах, як правило, робиться акцент на виробництві та аспектах комерціалізації (наприклад, безпеці харчових продуктів). ФАО також підтримала Глобальну мережу дій «Стала їжа з океанів та внутрішніх водойм країн для продовольчої безпеки та харчування» [1].

Риба та рибні продукти забезпечують у середньому всього близько 34 калорій на день у раціоні людини. Але, більш важливо споживання риби та рибної продукції як джерела енергії, дієтична добавка високої якості, білок тваринного походження, що легко засвоюється, особливо при дефіциті мікроелементів. Так, порція 150 г риби забезпечує близько 50–60 відсотків щоденної потреби у білках для дорослих [2].

Саме такий комплексний підхід ФАО та ЄС до питань харчової безпеки протягом останніх років передбачає наповнення споживчого кошика до 2020 року харчовою рибною продукцією. До того ж, більша її частина має забезпечуватись продукцією аквакультури і тільки 30-35 відсотків – за рахунок промислу.

У 2016 році світове виробництво риби та рибної продукції зросло до 171 млн. тонн, разом з продукцією аквакультури, що становить 47 відсотків від загального об'єму або 53 відсотки, якщо технічні види виключені. Разом із відносно статичним станом рибного господарства з кінця 1980-х років саме за рахунок розвитку аквакультури відбувалось зростання споживання людиною рибної продукції.

За даними ФАО загальний обсяг виробництва рибного господарства за рахунок промислу у 2016 році склав 90,9 млн. тонн у 2016 році, що було трохи менше у порівнянні з двома попередніми роками. Загальний вилов у світових морських акваторіях у 2015 році склав 81,2 млн. тонн та 79,3 млн. тонн у 2016 році.

Загальний світовий вилов у внутрішніх водах склав 11,6 млн. тонн у 2016 році, що було більше на 2,0 відсотка порівняно з попереднім роком і на 10,5 відсотків порівняно із середнім показником 2005–2014 рр.

Світове виробництво аквакультури (включаючи водорості) у 2016 р. було 110,2 млн. т, (243,5 млрд. дол.), з яких 80,0 млн. тонн продовольчої риби (231,6 млрд. дол. США) та 37900 тонн непродовольчої продукції.

Частка аквакультури у світовому рибному господарстві (риболовля та аквакультур) безперервно зростає та у 2016 році досягла 46,8 відсотка, у порівнянні з 25,7 відсотка у 2000 р. За період 2001–2016 рр. темпи щорічного збільшення частки аквакультури складали 5,8 відсотка, і на сьогодні зростають швидше, ніж інші основні сектори харчової промисловості.

У розрахунку на душу населення споживання рибної продукції зросло від 9,0 кг у 1961 р. до 20,2 кг у 2015 р. та 20,5 кг у 2017 році при середньому зростанні близько 1,5 відсотка на рік.

Причинами збільшення споживання рибної продукції, в тому числі аквакультури, на думку експертів ФАО, стало збільшення саме виробництва продукції, зменшення витрат, покращення каналів збуту та зростаючий попит, пов'язаний із приростом населення, зростанням доходів та урбанізація [2].

Так, вже у 2018 році, за оцінками ФАО, світовий видобуток водних живих ресурсів зріс на 2,1% до 178,8 млн. тонн. Також збільшився на 0,3 кг і середньорічний показник світового споживання риби і рибопродуктів та склав 20,7 кг на особу на рік, з яких 9,3 кг забезпечувалося за рахунок традиційного промислового рибальства, а 11,4 кг – за рахунок розвитку аквакультури [3].

Згідно аналізу звітних статистичних показників у 2018 році в Україні споживання риби і рибопродуктів оцінювалося у 12,3 кг на особу, що на 13–15% вище ніж у попередні роки, але на 40% нижче від середньосвітового показника. Причому 85 відсотків припадає на імпорт.

Згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я раціональна норма споживання українцями риби та рибних продуктів визначена на рівні 20 кг на особу на рік, але за роки незалежності країни жодного разу досягнута не була.

У щорічній доповіді Центра дослідження європейського ринку продукції аквакультури і рибальства оцінив продуктивність продукції рибного господарства та аквакультури на ринку ЄС у порівнянні з іншими продуктами харчування. Проведений аналіз свідчить про те, що ЄС є не тільки найбільшим у світі торговцем продуктами рибальства та аквакультури, але також займає п'яте місце в усьому світі з виробництва рибогосподарської продукції.

Споживання риби в ЄС збільшилося практично по всіх основних комерційних видах його рівень сягнув 24,33 кг на душу населення, що на 3–5% більше, ніж у попередні роки. В той же час, Португалія є абсолютним чемпіоном, з середньою кількістю 57 кг риби та морепродуктів на людину в рік. Це вдвічі більше середнього показника ЄС на душу населення.

Імпорт з держав, що не входять до ЄС досяг 10-річного максимуму та сягнув 25,3 млрд. євро [4].

У грудні 2018 року у рамках 160-тої сесії комісії ФАО відбулося обговорення широкого кола питань щодо забезпечення продовольчої безпеки і сталого розвитку сільського господарства. Серед питань, що розглядалися – розвиток рибного господарства в контексті змін клімату та його зростаючої ролі у забезпеченні населення планети продуктами харчування і засобами до існування. Комісією було відзначено зростання обсягів виробництва рибної продукції.

Комісія наголосила на важливості сталого розвитку аквакультури для продовольчої безпеки. Зокрема, на реалізації її потенціалу для забезпечення

зростаючого попиту на рибну продукцію, особливо за рахунок внутрішніх вод. Було зазначено, що темпи збільшення виробництва в умовах аквакультури за останні роки дещо сповільнилися [5].

На думку фахівців збільшити об'єми споживання риби в Україні можливо за рахунок власного виробництва, впроваджуючи інтенсивні технології в галузі. Використовуючи сучасні підходи до риборозведення (застосування нових інноваційних технологій, модернізація вже існуючих виробництв) можна забезпечити зростання об'ємів виробництва товарної рибо продукції більше ніж у 5 разів.

Підписання Угоди про асоціацію відкрило нові можливості для вітчизняних виробників продукції аквакультури. Прагнення розширити ринок збуту вітчизняної продукції, в тому числі за рахунок освоєння ринків європейських країн, підтверджується підвищенням зацікавленістю малого та середнього бізнесу до сучасних технологій в аквакультурі, впровадженням на підприємствах систем замкненого водопостачання (RAS), культивування нових об'єктів аквакультури. Але, з метою успішного експорту до європейських ринків продукції аквакультури та рибальства, в країні має бути організовано ринок даної продукції відповідно до європейського законодавства, в тому числі харчового законодавства ЄС, упровадженні процедур виведення продукції на зовнішні ринки.

Виходячи з основних принципів міжнародної торгівлі, світовий ринок, у тому числі Європейського співтовариства, має бути прозорим та відкритим для всіх його учасників (виробників, споживачів, експортерів та імпортерів) з однаковими вимогами ти нормами.

Гарантією для споживача щодо безпечності харчової продукції, у тому числі рибної, є виконання вимог законодавчих та нормативних актів за показниками безпеки. Враховуючи зацікавленість вітчизняних виробників до європейського ринку із більше ніж 500 млн. споживачів, – це вимоги регламентів та директив Європейської Комісії.

Основними вимогами до харчової продукції при виведенні її на ринок ЄС є те, що вона має відповідати тим же стандартам безпеки та якості, відповідно до яких виробляється аналогічна продукція на території Спільноти.

Фахівцями неодноразово відзначалися розбіжності в нормативних вимогах з питань безпеки харчових продуктів України, країн ЄС та міжнародних стандартах щодо забезпечення контролю за дотриманням таких показників як вміст токсичних елементів, радіонуклідів, пестицидів та інших контамінантів [6, 7].

Серед токсичних елементів, вміст яких контролюється в рибній продукції, як в Україні, так і в ЄС, є важкі метали (свинець, ртуть, кадмій, цинк, мідь) та миш'як. Згідно законодавства України, критерії безпеки регламентуються

Регламентом максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах [8] та Обов'язковим мінімальним переліком досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, комбікормової сировини, комбікормів, вітамінних препаратів [9]; у країнах ЄС – Регламентом Комісії (ЕС) № 1881/2006 [10] та міжнародним стандартом Кодекс Аліментаріус [11], який встановлює максимальний рівень свинцю в рибі та визнаний у Співтоваристві. Норми європейського та вітчизняного законодавства до вмісту свинцю, ртуті та кадмію в рибній продукції суттєво відрізняються (табл. 1).

Таблиця 1. **Максимально допустимі рівні свинцю, кадмію та ртуті в продукції аквакультури**

Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах [7]		**Обов'язковий мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження [8]**		**Регламент Комісії (ЕС) № 1881/2006**	
Харчові продукти	**Максимальні рівні, мг/кг, не більше**	**Група продуктів**	**Допустимі рівні, мг/кг, не більше**	**Харчові продукти**	**Максимальні рівні (мг/кг сирої маси)**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Свинець					
М'язове м'ясо риби	0,3	Риба жива, свіжа, охолоджена, морожена, філе, м'ясо морських ссавців	1,0	Харчова частина всіх рибопродуктів, за винятком	0,30
Ракоподібні	0,5			Ракоподібні	0,5
Двостулкові молюски	1,5	Тунець, меч-риба, білуга	2,0	Двостулкові молюски	1,5
Кадмій					
М'язове м'ясо риби, крім видів, зазначених в п. 3.2.6	0,05	Риба жива, свіжа, охолоджена, морожена, філе, м'ясо морських ссавців	0,2	Харчова частина всіх рибопродуктів, за винятком випадків	0,05
М'язове м'ясо таких видів риб (п. 3.2.6):	0,1			Скумбрія (*Scomber* види), тунець (*Thunnus* види, *Katsuwonus pelamis*, *Euthynnus* види), бички з Індійського океану (*Sicyopterus lagocephalus*)	0,10

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Кадмій					
М’язове м’ясо риби, крім видів, зазначених в п. 3.2.6 М’язове м’ясо таких видів риб (п. 3.2.6):	0,05 0,1	Риба жива, свіжа, охолоджена, морожена, філе, м'ясо морських ссавців	0,2	Харчова частина всіх рибопродуктів, за винятком випадків	0,05
				Скумбрія (*Scomber* види), тунець (*Thunnus* види, *Katsuwonus pelamis*, *Euthynnus* види), бички з Індійського океану (*Sicyopterus lagocephalus*)	0,10
Кадмій					
М’язове м’ясо тунця Bullet (*Auxis species*) М’язове м’ясо таких риб: анчоус (*Engraulis species*); меч-риба (*Xiphias gladius*)	0,20			М’язове м'ясо тунця (*Auxis* види) М’язове м'ясо: Анчоус (*Engraulis* види) Риба-меч (*Xiphias* gladius) Сардини (*Sardina pilchardus*)	0,15 0,25
Свинець					
Ртуть					
Рибна продукція і м’язове м’ясо риби, крім видів, перелічених у п.3.3.2	0,3 (не хижа) 0,5 (хижа)	Риба жива, свіжа, охолоджена, морожена, філе, м'ясо морських ссавців	0,3 (прісноводна нехижа) 0,6 (прісноводна хижа) 0,5 (морська)	Рибопродукти (26) та м'язове м'ясо риби (25), за винятком видів, перелічених у пункті	0,50
М’язове м’ясо таких видів риб (п. 3.3.2) *Тунець (Thunnus species, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis)*	0,4 0,7	Тунець, меч-риба, білуга	1,0	М’язове м'ясо риб зазначених у додатку 2	1,0

Примітка 1. Перелік риби згідно п.3.2.6 Регламенту.
Примітка 2. Перелік риби згідно п.3.3.2 Регламенту.

Згідно Регламенту, якщо риба призначена для споживання цілком, максимальний рівень застосовується тільки до цілої риби. Ще одна вимога Регламенту: європейський виробник при визначенні рівня токсичних елементів у продукції повинен враховувати зміну їх концентрацій в процесі виконання різних технологічних операцій (висушування, розведення, переробка, складання більш ніж з одного компонента тощо). Обґрунтовані коефіцієнти перерахунку концентрацій на різних операціях надаються самим виробником при офіційному контролі компетентним органом Співтовариства.

Якщо ж господарюючий суб'єкт не надає необхідні дані або компетентний орган вважає, що коефіцієнти не відповідають наданому обґрунтуванню, орган має право з метою максимального захисту здоров'я населення визначити коефіцієнти самостійно на підставі достовірної інформації про виробництво.

Необхідно зазначити, що за час дії Регламенту № 1881/2006 було додатково прийнято низку регламентів, які доповнили його в частині перегляду максимального рівня забруднюючих речовин, з огляду на вдосконалення належних практик ведення сільського господарства, в тому числі рибальства і аквакультури. Причому, спостерігається тенденція зменшення максимально допустимих рівнів, наскільки це можливо з практичної точки зору та з урахуванням практичних напрацювань, наукових досягнень, запровадження сучасних технологій, що, в свою чергу, зобов'язує виробників харчових продуктів використовувати всі можливі засоби для запобігання і зменшення забруднення продукції токсичними елементами.

У той же час, у документах, що регламентують вміст важких металів в рибній продукції в Україні, Регламент [8] та Обов'язковий мінімальний перелік [9], є певні розбіжності щодо окремих показників безпеки та переліку видів риб, які не співпадають з об'єктами нормування європейським стандартом. Крім того, на сьогодні як в Україні, так і в ЄС норми вмісту цинку і міді в рибної продукції не регламентуються. Регламентом № 1881/2005 також регламентуються норми щодо вмісту в рибі та рибній продукції діоксинів і діоксин-подібних (поліхлоріровані біфеніли – ПХБ) та поліциклічних ароматичних вуглеводів (ПАВ), які нормуються Державними гігієнічними правилами та нормами [8], які набули чинності у червні 2016 року.

Згідно Регламенту діоксини охоплюють групу з понад 200 конгенерів, 17 з яких викликають стурбованість з точки зору їх токсичності. Кожний з конгенерів діоксинів або діоксин-подібних ПХБ має свій рівень токсичності. З метою оцінки ризику та проведення нормативного контролю токсичності та для того, щоб підсумувати токсичність всіх конгенерів, введено поняття факторів токсичної еквівалентності (TEF). Це означає, що результати аналізу, які стосуються всіх окремих конгенерів діоксинів і діоксин-подібних ПХБ, що викликають інтерес з точки зору токсикології,

виражаються в формі кількісного показника, а саме токсичного еквіваленту TCDD (TEQ). У 2006 році встановлено максимальні рівні сумарної кількості діоксинів і діоксин-подібних ПХБ, так як з точки зору токсикологічної оцінки це є найбільш доцільним підходом. З метою сприяння ініціативному підходу до зниження вмісту діоксинів і діоксин-подібних ПХБ в продуктах харчування, Рекомендацією Комісії 2006/88/ЄС від 6 лютого 2006 року про зниження вмісту діоксину, фуранів і ПХБ в кормах та харчових продуктах встановлена їх гранично допустима концентрація. Ці гранично допустимі рівні є інструментом для компетентних органів і підприємств харчової галузі при виділенні тих випадків, коли доцільно ідентифікувати джерело контамінації і вжити заходів для його зниження або видалення.

У процесі копчення або нагрівання, або висушування, коли продукти горіння вступають в безпосередній контакт з харчовою продукцією, поліциклічні ароматичні вуглеводи можуть контамінувати продукти харчування. Крім того, до контамінації ПАУ може призвести забруднення навколишнього середовища, зокрема, контамінацію риби і рибопродуктів. У рамках реалізації Директиви 93/5/ЄЕС ще в 2004 році була проведена спеціальна робота по виявленню ПАУ у продуктах харчування, в результаті якої були виявлені високі рівні, у тому числі в копченій рибі та свіжих молюсках. Регламентування максимальних рівнів бензо(а)пірену в деяких продуктах харчування, що містять жири і масла, а також в продуктах харчування, в яких процеси копчення або висушування можуть викликати високі рівні контамінації, зокрема, у рибі та рибопродуктах (наприклад, з причини виливу нафти при її транспортуванні по воді) забезпечить необхідний захист здоров'я населення.

Існують певні розбіжності щодо вмісту гістаміну в рибі, так як відповідно до національних вимог цей показник регламентується тільки для деяких видів риб (тунець, скумбрія, лосось, оселедець), що не збігається з переліком, наведеним у Регламенті (ЄС) № 2073/2005 [12].

Допустимий рівень вмісту радіонуклідів у продуктах харчування в Україні регламентується ГН 6.6.1.1-130 [13]. В країнах ЄС максимально дозволені рівні радіоактивного забруднення їжі та кормів після ядерної аварії або будь-якої іншої надзвичайної небезпеки встановлено Регламентом Комісії (Євратом) 2016/52 від 15 січні 2016 р. [14]. Крім того, Регламентом ЄС 733/2008 [15] встановлено вимоги до імпорту продукції з країн, які постраждали в результаті Чорнобильської аварії. Крім того, як зазначалося вище, в ЄС враховуються вимоги міжнародних стандартів, таких як Кодекс Аліментаріус CODEX STAN 193-1995 [16] щодо вмісту радіонуклідів. За результатами порівняння вимог вищезазначених стандартів видно (табл. 2), що перелік радіонуклідів в CODEX STAN 193-1995 набагато ширше, ніж у нормативних документах України та Європейського Спів-

товариства. Крім того, порівнюючи вимоги європейського законодавства з національними, еобхідно зазначити, що вимоги до рівнів радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в Україні більш жорсткі, в той же час не нормується ^{134}Cs.

Таблиця 2. **Допустимі рівні радіонуклідів у рибі та рибопродукції**

Назва радіонукліда	Значення допустимого рівня, Бк/кг		
	ГН 6.6.1.1-130	CODEX STAN 193-1995	Регламент ЄС 733/2008
Стронцій ^{90}Sr	35; 70; 200 (залежно від продукції)	100	Не регламентується
Цезій ^{137}Cs	150; 300; 200 (залежно від продукції)	1000	600
Цезій ^{134}Cs	Не регламентується	1000	600
17 ізотопів	Не регламентується	от 10 до 10000 (залежно від продукції)	Не регламентується

Серед найбільш поширених і важливих забруднювачів навколишнього середовища є пестициди. В Україні максимально допустимі рівні пестицидів у харчовій продукції регламентуються ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 [17]. Документом затверджено список з 400 пестицидів, визначення 9 з них обов'язково по відношенню до риби і рибопродукції. Крім того, вимоги до максимально допустимих рівнів ще 60 найменувань пестицидів поширюються на всі харчові продукти, а значить повинні контролюватися в рибі та продукції з неї.

У країнах ЄС вимоги до переліку та допустимих рівнів пестицидів у харчових продуктах регламентується низкою регламентів Європейської Комісії [18, 19] і міжнародним стандартом Кодекс Аліментаріус CAC/MRL 1 [20]. Проаналізувавши Державні санітарні норми, регламенти ЄС і стандарт Кодекс Аліментаріус, виявляється деяка невідповідність між переліками пестицидів, які визначені в Україні та ЄС. Крім того, заборона однією або іншою країною використання конкретного пестициду ускладнює й без того складну ситуацію, яка існує в частині контролю забруднюючих речовин. Регламент ЄС № 396/2005 [21] передбачає, що різні національні максимально допустимі рівні (МДР) пестицидів повинні бути заміщені єдиним МДУ, який буде встановлений в рамках ЄС.

Таким чином, з метою здійснення повного контролю допустимих рівнів пестицидів в рибі та рибопродукції під час її імпорту до країн ЄС має бути проведена колосальна робота по гармонізації нормативних документів України та ЄС, а також переліку пестицидів.

Висновки. Розширення ринку збуту вітчизняної рибної продукції, збільшення обсягів її реалізації на зовнішніх ринках можливо при гармонізації показників залишкових кількостей забруднюючих речовин в ній, які

передбачені в національній нормативній базі, з міжнародними та європейськими вимогами.

Більшість країн Європейського Союзу використовують схеми моніторингу залишкових кількостей забруднюючих речовин в об'єктах навколишнього середовища, в тому числі воді, ґрунті, сіль господарській продукції, які є частиною контролю безпеки продуктів харчування. Результати такого моніторингу дозволяють визначити не тільки причини, рівні та періодичність забруднення, але й дозволяє вносити зміни до експортної політики.

Поступова імплементація законодавства Європейського Союзу в законодавство України, гармонізація національної та європейської нормативних баз, співпраця державних органів влади в сфері ветеринарії з уповноваженими органами ЄС, нотифікованими органами сертифікації та випробувальними центрами забезпечить конкурентоспроможність продукції вітчизняних виробників на європейському ринку та світовому ринку загалом.

FOOD SAFETY OF UKRAINIAN PRODUCTS OF AQUACULTURE AS THE GUARANTEED PREREQUISITES OF EXTERNAL MARKET

[1]***O. Dyudyaeva*** *– Senior Lecturer, Certified Export Consultant,*
[2]***Beh V.*** *– Doctor of Agricultural Sciences, Professor*
[1]*Kherson State Agrarian University,*
[2]*National university of life and environmental sciences of Ukraine,*
dyudyaeva.olga@gmail.com

The EU-Ukraine Association Agreement and the establishment of a Free Trade Area (FTA) helps to eliminate non-tariff barriers, including in the fisheries sector. The parties to the Agreement have agreed to harmonize standards, requirements and system of product safety control. Harmonization of Ukrainian legislation, regulation and product safety standards with European ones will simplify the entry of domestic aquaculture products into a sufficiently large and protected market, and the procedures for obtaining EU compliance documents are also simplified.

Addressing food security issues at the level of international organizations involves filling the consumer basket with food fishery products so that most of it must be provided by aquaculture products.

The world production of fish and fishery products and the share of aquaculture products in it are considered. The analysis of fish consumption in the world, EU countries and Ukraine is carried out. FAO estimates that in 2018, global production of aquatic living resources has increased by 2.1% to 178.8 million tonnes. It also increased by 0.3 kg and the average annual global consumption of fish and fish products and amounted to 20.7 kg per person per year. Along with the relatively static development of fisheries since the late 1980s, it has been at the expense of aquaculture that fisheries consumption in the world has increased.

World aquaculture production in 2016 was 110.2 million tonnes, of which 80.0 million tonnes of food fish. The share of aquaculture in the world fisheries industry has been growing steadily, had reached 46.8 percent in 2016 (25.7 percent in 2000). During the period 2001–2016, the rate of annual increase in the share of aquaculture was 5.8 percent and was now growing faster than other major sectors of the food industry.

Per capita consumption of fish products has increased from 9.0 kg in 1961 to 20.5 kg in 2017, with an average increase of about 1.5 percent per year.

The main reasons for the increase in consumption of fishery products, including aquaculture, have been the increase in production volumes, the improvement of distribution channels and the increasing demand associated with population growth.

The analysis of statistics for 2018 has showed the consumption of fish and fish products in Ukraine – 12.3 kg per person, which was 13-15% higher than in previous years, but 40% lower than the global average.

Expansion of the internal market of fishery products, including the consumer market, export development of the European market has been possible due to the participation of small and medium-sized businesses, his interest in modern technologies in aquaculture, cultivation of new aquaculture objects.

In order to successfully export domestic aquaculture and fishery products, the implementation of national legislation in accordance with European, including EU food law, should be carried out, and the procedure for introducing products to foreign markets in accordance with international norms should be implemented.

The article is examined the differences in national, European and international requirements to ensure compliance with indicators such as the content of toxic elements, radionuclides, pesticides and other contaminants. The comparative analysis of requirements to safety indicators in the normative documents of different level is carried out.

The ways of expanding the market of domestic aquaculture products and increasing their sales are offered, provided the harmonization of the product safety indicators provided by the regulatory bases of Ukraine, the EU and international norms.

Keywords: fish products, aquaculture, food safety, safety indicators, standard, regulations, sanitary measures, requirements harmonization, implementation of legislation

ЛІТЕРАТУРА

1. FAO. 2019. Evaluation of the Strategy and Vision for FAO's Work in Nutrition. Rome. pp.119. URL: www.fao.org/evaluation
2. The state of world fisheries and aquaculture. In brief. Meeting the sustainable development goals (This work is available under a CC BY-NC-SA 3.0 IGO licence). FAO, 2018.
3. Риба та рибопродукти: результати 2018 року та оцінки на 2019 рік. 22.04.2019. URL: http:// edclub.com.ua/analityka/ryba-ta-ryboprodukty-rezultaty-2018-roku-ta-ocinky-na-2019-rik
4. The EU fish market (2018). European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Director-General. Brussels. 120.
5. 160-та сесія комісії ФАО обговорила питання продовольчої безпеки і сталого розвитку сільського господарства. Державне агентство рибного господарства. URL: darg.gov.ua/_160_ta_sesija_komisiji_fao_0_0_0_8252_1.html

6. Кирилов Ю.Е., Дюдяева О.А., Пилипенко Ю.В. Украинские производители продукции аквакультуры на пути к рынку ЕС: сложности и перспективы. *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси*. № 31. 2015. С. 67–76.
7. Есина Л.М., Горобець Л.М. Анализ показателей безопасности, которые установлены в Украине и странах ЕС для рыбных продуктов. *Труды ЮГНИРО*, Т. 49. 2011.
8. Державні гігієнічні правила і норми «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах». Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України 13.05.2013 р., № 368.
9. Обов'язковий мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, комбікормової сировини, комбікормів, вітамінних препаратів та ін., які слід проводити в державних лабораторіях ветеринарної медицини і за результатами яких видається ветеринарне свідоцтво (ф-2). Затверджено наказом Державного департаменту ветеринарної медицини Міністерства агарної політики України 03.11.1998 р., № 16 (у редакції наказу Державного департаменту ветеринарної медицини від 18.11.2003 р., № 87.
10. Commission Regulation (EU) № 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
11. CODEX STAN 193-1995, 1997. Стандарт Кодекса для контаминантов и токсинов в пищевых продуктах, Rev.1.
12. Commission Regulation (EU) № 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs.
13. ГН 6.6.1.1-130–2006, 2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді, затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України 03.05.2006 р. № 256.
14. Council Regulation (Euratom) 2016/52 of 15 January 2016 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of food and feed following a nuclear accident or any other case of radiological emergency, and repealing Regulation (Euratom) № 3954/87 and Commission Regulations (Euratom) No 944/89 and (Euratom) № 770/90.
15. Commission Regulation (EU) № 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.
16. CODEX STAN 193-1995, 2009. Codex General Standard for Contaminants And Toxins in Foods, Rev 4.
17. ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001. Державні санітарні правила та норми. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, води водоймищ, ґрунті. Затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України 20.09.2001, № 137.

18. Commission Regulation (EU) № 839/2008 of 31 July 2008 amending Regulation (EC) № 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards Annexes II, III and IV on maximum residue levels of pesticides in or on certain products.
19. Commission Regulation (EU) № 750/2010 of 7 July 2010 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for certain pesticides in or on certain products.
20. CAC/MRL 1, 2001. Maximum Residue Limits (MRLs) for Pesticides.
21. Regulation (EC) № 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC.

REFERENCES

1. FAO. (2019). Evaluation of the Strategy and Vision for FAO's Work in Nutrition. Rome. pp.119. URL: www.fao.org/evaluation
2. FAO. (2018). The state of world fisheries and aquaculture. In brief. Meeting the sustainable development goals. (This work is available under a CC BY-NC-SA 3.0 IGO licence). Rim.
3. *Ryba ta ryboprodukty: rezul'taty 2018 roku ta ocinky na 2019 rik*. [Fish and fish products: the 2018's results and the 2019's estimates]. 22.04.2019. URL: http:// edclub.com.ua/analityka/ ryba-ta-ryboprodukty-rezultaty-2018-roku-ta-ocinky-na-2019-rik [in Ukrainian].
4. The EU fish market (2018). European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Director-General. Brussels. 120.
5. *160-ta sesija komisii' FAO obgovoryla pytannja prodovol'choi' bezpeky i stalogo rozvytku sil's'kogo gospodarstva* [The 160th session of the FAO Commission discussed the food security and the sustainable agriculture]. State Fisheries Agency of Ukraine. URL: darg.gov.ua/_160_ta_sesija_komisiji_fao_0_0_0_8252_ 1.html [in Ukrainian].
6. Kirilov Ju., Djudiaeva O., Pilipenko Ju. (2015). *Ukrainskie proizvoditeli produkcii akvakul'tury na puti k rynku ES: slozhnosti i perspektivy*. [Ukrainian manufacturers of aquaculture on the way to EU market: problems and prospects]. *Voprosy rybnogo hozjajstva Belarusi*. no. 31. pp. 67–76. [in Russian].
7. Esina L.M., Gorobec' L.M. (2011). *Analiz pokazatelej bezopasnosti, kotorye ustanovleny v Ukraine i stranah ES dlja rybnyh produktov* [Analysis of the safety indicators which are established in Ukraine and in EU countries for the fishery products]. *Trudy JuGNIRO*, Vol. 49. [in Russian].
8. State hygiene rules and regulations (2016). *Reglament maksymal'nyh rivniv okremyh zabrudnjujuchyh rechovyn u harchovyh produktah* [Regulation of maximum levels of certain contaminants in food]. Ministry of Health of Ukraine. 13.05.2013. no. 368. [in Ukrainian].
9. State Department of the Veterinary Medicine of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine (2003). *Obov'jazkovyj minimal'nyj perelik*

doslidzhen' syrovyny, produkcii' tvarynnogo ta roslynnogo pohodzhennja, kombikormovoi' syrovyny, kombikormiv, vitaminnyh preparativ ta in., jaki slid provodyty v derzhavnyh laboratorijah veterynarnoi' medycyny i za rezul'tatamy jakyh vydajet'sja veterynarne svidoctvo (f-2). 03.11.1998. no. 16 (in the new edition 18.11.2003. no. 87 [in Ukrainian].

10. Commission Regulation (EU) № 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
11. CODEX STAN 193-1995, 1997. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed, Rev.1.
12. Commission Regulation (EU) № 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs.
13. State hygiene standards (2006). *Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv 137Ss i 90Sr u produktah harchuvannja ta pytnij vodi, zatverdzheni nakazom Ministerstva ohorony zdorov'ja Ukrai'ny* [The Allowable levels of the ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides in the food and drinking water]. GN 6.6.1.1-130–2006. Ministry of Health of Ukraine. 03.05.2006. no. 256. [in Ukrainian].
14. Council Regulation (Euratom) 2016/52 of 15 January 2016 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of food and feed following a nuclear accident or any other case of radiological emergency, and repealing Regulation (Euratom) № 3954/87 and Commission Regulations (Euratom) № 944/89 and (Euratom) № 770/90.
15. Commission Regulation (EU) № 733/2008 of 15 July 2008 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.
16. CODEX STAN 193-1995, 2009. Codex General Standard for Contaminants And Toxins in Foods, Rev 4.
17. State sanitary rules and regulations (2001). *Derzhavni sanitarni pravyla ta normy. Dopustymi dozy, koncentracii', kil'kosti ta rivni vmistu pestycydiv u sil's'kogospodars'kij syrovyni, harchovyh produktah, povitri robochoi' zony, atmosfernomu povitri, vody vodojmyshh, g'runti* [Permissible doses, concentrations, amounts and levels of pesticides in agricultural raw materials, foodstuffs, working area air, atmospheric air, water bodies of water, soil]. DSanPiN 8.8.1.2.3.4-000-2001. Approved by the Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of Ukraine. 20.09.2001, no. 137. [in Ukrainian].
18. Commission Regulation (EU) № 839/2008 of 31 July 2008 amending Regulation (EC) № 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards Annexes II, III and IV on maximum residue levels of pesticides in or on certain products.
19. Commission Regulation (EU) № 750/2010 of 7 July 2010 amending Annexes II and III to Regulation (EC) № 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for certain pesticides in or on certain products.
20. CAC/MRL 1, 2001. Maximum Residue Limits (MRLs) for Pesticides.
21. Regulation (EC) № 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC.

УДК 639.3.082
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.6

СПОСІБ АНАСТЕЗІЇ АФРИКАНСЬКОГО СОМА

Оліфіренко В.В. *– к.вет.н., доцент,*
Корнієнко В.О. *– к.с.-г.н., доцент,*
Козичар М.В. *– к.с.-г.н., доцент,*
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,
pavelolifirenko@gmail.com, frank438@ukr.net, kaf.chemistry@ukr.net

Кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) є новим об'єктом аквакультури України. При відтворенні цього виду застосовуються виключно заводські методи, які передбачають знерухомлення плідників, або анестезію. Традиційні методи анестезії складно застосувати як при відтворенні кларієвого сому так і при його забої, зважаючи на його анатомію та фізіологію.

У нашій роботі було досліджено можливість застосування холодної води в якості знерухомлюючого та анестезуючого засобу при заводському відтворенні кларієвого сома. При виконанні досліджень нами було також розглянуто можливості використання крижаної води, як процедури перед забоєм сома, що передбачено Європейським регламентом по захисту тварин при забої. Дослідження проводились в умовах експериментальної УЗВ відділу гідробіології Китайсько-Українського науково-дослідного інституту «Наук про життя» (Чжуцзі, КНР), та частково були продовжені у Херсонському державному аграрно-економічному університеті.

Під час експериментальних робіт використовувались плідники кларієвого сома трирічного віку, яких з метою знерухомлення витримували у ваннах з охолодженою водою при різних експозиціях. В ході робіт було досліджено реакцію риби на витримування у охолодженій до +1 – +2°С воді. Були використані чотири експозиції витримування в 5, 10, 15 та 20 хвилин. У плідників під час вилову, транспортування, адаптації та проведення експериментів визначали вміст цукру у крові, як показник можливого стресу. Використання охолодженої води викликало приголомшливий ефект вже після 5-хвилинного витримування. Оптимальною експозицією виявилася тривалість витримування плідників сома у крижаній воді в 10 хвилин. За 8–10 хвилин у всіх без винятку риб наставала втрата орієнтації та різке уповільнення рухів, що дозволяє проводити з ними технологічні операції. При цьому фізіологічний стан плідників суттєво не змінюється і вони швидко виходять із стресової ситуації при поверненні їх в оптимальну температуру води.

Збільшення експозиції витримування плідників кларієвого сома в охолодженій воді до 15–20 хвилин, на наш погляд, є недоречним в практичному рибництві. 15-хвилинна експозиція викликала стан знерухомлення, але призводила до збільшення глюкози у крові, експозиція у 20 хвилин викликала повний наркоз з відсутністю дихальних рухів та призводила різкого збільшення вмісту глюкози у крові, що свідчило про настання глибокого стресу і, в результаті, викликало загибель плідників. Експозиція близько 20 хвилин і більше може використовуватись при забої кларієвого сома.

Ключові слова: анестезія, знерухомлення, сом, риба, кров, наркоз, загибель, експозиція.

Постановка проблеми. Постійно зростаючий вплив антропогенного навантаження на навколишнє середовище в другій половині минулого та на початку XXI століть, інтенсивне використання продукції світового океану в промисловості та медицині, відсутність ефективних ресурсозберігаючих технологій виробництва, зберігання та переробки продукції гідробіонтів призвело до катастрофічного скорочення біомаси промислових риб та нерибних об'єктів промислу, а найбільш цінні види опинилися на межі повного зникнення [1, 2]. Людство зіткнулося з необхідністю вирішити складне завдання – в умовах безпрецедентної за своїми наслідками зміни клімату, деградації навколишнього середовища і ресурсної бази до середини двадцять першого століття забезпечити продовольством і засобами для існування понад дев'ять мільярдів жителів планети [3–5]. У вересні 2015 року в рамках 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку відбувся Саміт ООН зі сталого розвитку та прийняття Порядку денного розвитку після 2015 року, на якому було затверджено нові орієнтири розвитку. Підсумковим документом Саміту «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» було затверджено 17 Цілей Сталого Розвитку та 169 завдань [6]. Другою ціллю Сталого Розвитку стало саме Подолання голоду, розвиток сільського господарства. В межах цієї цілі зростання об'ємів виробництва світової рибної галузі представлено як одна із найбільш перспективних задач забезпечення людства достатньою кількістю цінної білкової продукції.

На сьогоднішній день у світовій рибній галузі переважають два напрями розвитку, спрямовані на створення стійкості в розвитку світового рибного господарства. Перший – прийняття нових міжнародних правових документів (конвенцій, кодексів, угод і т. д.), що мають обов'язковий або рекомендаційний характер для всіх держав, що здійснюють використання морських живих ресурсів як у своїй 200-мильній економічній зоні, так і у відкритих районах Світового океану. Другий – прискорений розвиток аквакультури як у прісноводних системах, так і в морському середовищі. [1, 7]. Аквакультура в плані досягнення Цілей Сталого Розвитку представлена як система заходів зі штучного розведення та вирощування водних живих ресурсів з метою їх охорони, відтворення та одержання товарної продукції в спеціалізованих господарствах внутрішніх водойм та прибережній смузі морів. Цей дуже перспективний напрям дозволить створити стійке надходження рибної продукції, морепродуктів і цілого ряду інших водних живих ресурсів, включаючи водорості, як на національний, так і на світовий ринок [8, 9] Світовий об'єм виробництва риби, ракоподібних, молюсків, включаючи аквакультуру і водорості, за період з 92,8 млн т. у 1988 році до 170,9 млн т. у 2016 році, при чому на долю аквакультури припадало 80,0 млн т. [6].

При аналізі видового складу світової аквакультури необхідно зауважити, що на національному, регіональному і глобальному рівнях обсяги виробництва аквакультури визначаються обмеженим числом «основних» видів чи груп видів. У рибництві – субсекторі, де спостерігається найбільша різноманітність – понад 90% обсягу продукції припадає на 27 видів і груп видів кісткових риб, причому 84,2% загального обсягу забезпечують 20 найбільш широко використовуваних видів [6, 7]. У межах водойм різного походження та цільового призначення нашої держави видовий склад водних живих ресурсів, що використовуються рибною галуззю України для забезпечення потреб населення ще менший [10].

Саме тому аквакультура все частіше використовує нові види риб для виробництва продуктів харчування і знаходиться у постійному пошуку перспективних об'єктів. Одним із таких перспективних для усієї світової аквакультури є кларієвий сом, об'єми виробництво продукція якого у 2016 році за статистикою ФАО перевищили 976 тис. т/рік [6]. У своєму природному ареалі розповсюдження африканський або кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) мешкає в невеликих, в основному мілководних ставках, утворюючи часто доволі великі щільності популяції. Сом демонструє унікально низькі вимого до екологічних параметрів середовища мешкання. Завдяки низьким вимогам до якості води та вмісту кисню, високі темпи набору іхтіомаси, цей вид риб особливо підходить для тепловодної аквакультури. Тому не дивно, що африканський сом активно культивується в установках замкненого водопостачання (УЗВ) протягом приблизно 30 років. Утримання і відтворення цих риб в установках замкненого водопостачання є відносно нескладними в порівнянні з іншими видами риб, оскільки риба може вирощуватися при високих щільностях посадки та невибаглива до вмісту кисню у воді. Тим не менш, поведінкові реакції сома утруднюють роботу по заводському відтворенню, особливо при отриманні статевих продуктів, особливо у самців, відбір статевих продуктів у яких вимагає анестезії плідників під час роботи із ними. На фоні цього живучість сома, його здатність тривалий час обходитись без води, суперечить високим вимогам, які передбачено Європейським регламентом по захисту тварин при проведенні із ними технологічних операцій та забої [11]. Саме це представляє труднощі для виробників кларієвого сома та його переробників.

Аналіз досліджень та публікацій. Методи застосування анестезії при роботах із плідниками риб є досить поширеними в практичному рибництві. Вони спрямовані на полегшення стресів у риб під час технологічних операцій, що сприяє збереженню біологічного матеріалу і підвищенню економічної ефективності виробництва продукції рибництва [12]. При цьому ідеальний анестетик повинен швидко вводити рибу в стан анестезії (1–5 хв.) та дозволяти їй швидко відновлюватися (<5 хв.), препарат мусить

бути нетоксичним для риб і користувачів, простий в застосуванні; повинен не мати стійкого впливу на фізіологію і поведінку риб, швидко виводитися з організму, має бути легко доступним для користувачів [13, 14].

В практиці рибництва широко використовуються з'єднання ефіру, похідні барбітуратової кислоти, альдегідів, моноуридів, уретанів та інших хімічних з'єднань, зокрема: MS-222 Sandoz, хінальдін, бензокаїн, барбітал, метамідат, кетамін, іхтіокалм, пропоксат, феназепам, трикаінметансульфат, гвоздична олія та ін. [15–18].

Крім того, для зрощення зябр можливо використовувати 0,1% спиртовий розчин етомідату, 0,5% розчин кетаміну, бензакоїн (0,3 г/л) з дозою 0,06 г, лідокаїн (0,4г/л) з дозою 0,08 г, новакоїн (0,4г/л) з дозою 0,1-0,2 г, ксилозин 0,5%, із розрахунку1 см^3 на особини та інш. [19–22].

Існують методи знерухомлення плідників окремих видів риб в градієнтному температурному полі [23].

Постановка завдання. Не зважаючи на велику кількість методів анестезії та знерухомлення плідників риб, більшість з них не можуть бути застосовані в практиці штучного відтворення кларієвого сома внаслідок специфіки його біології і відсутності адекватної реакції плідників на різного роду анестезуючі речовини при їх застосуванні як у вигляді «ванн» та і при зрошенні зябер. Регламент Європейського Союзу Ради ЄС про захист тварин при забої дозволяє в тому числі і електро-приголомшення для забою знерухомлення риби. У окремих випадках, вплив вуглекислого газу розчиненого у воді також допускається для анестезії. Як показують дослідження, плідники кларієвого сома проявляють значний опір електричній анестезії, тому на практиці не представляється можливим викликати стан знерухомлення для проведення рибоводних операцій, або міцного наркозу для забою електро-приголомшенням [11].

Анатомічні структури черепа ефективно захищають мозок від електро-приголомшення і проводять більшу частину електричного струму навколо мозку. Саме це і може бути причиною незадовільної ефективності електро-приголомшення у африканських сомів в практичних умовах. Труднощі в анестезії за допомогою механічного приголомшення також обумовлені анатомією африканського сома. Голова риби покрита дуже компактною і товстою кістковою пластиною яка ефективно захищає мозок від механічних ушкоджень, що діють ззовні.

На теперішній час не існує єдиної думки що до надійного методу знерухомлення кларієвого сома. Для того, щоб домогтися простого, безпечного і, перш за все надійного знерухомлення африканського сома перед проведенням рибоводних операцій, або перед забоєм, нами було проведено експериментальні роботи по вивченню приголомшуючій дії на них крижаної води. Утримання плідників у крижаній воді мало на меті забезпе-

чення в подальшому стабільного несвідомого стану для виконання подальших технологічних операцій.

Матеріали і методи досліджень. Спеціальні дослідження із впливу наднизьких температур на можливість знерухомлення плідників кларієвого сома проводилися в лабораторних умовах, на експериментальній УЗВ відділу гідробіології Китайсько-Українського науково-дослідного інституту наук про життя (Чжуцзі, КНР). Матеріалом слугували трирічки кларієвого сома у кількості 18 екз., базою експерименту виступали 18 акваріумів об'ємом 100 літрів кожен, забезпечені незалежною системою контролю температури води. При формуванні експериментальних груп були використані загальноприйняті у рибництві методи досліджень. Було проведено чотири серії експериментів із експозицією витримування матеріалу в крижаній воді в 5, 10, 15 та 20 хвилин. Температура води для анестезії знаходилась в межа +1 – +2°С. Під час експерименту було проведено ретельну оцінку поведінкових реакцій плідників сома у крижаній воді. Кров для дослідження відбирали пастерівською піпеткою з судин гермального каналу хвостового стебла. Для оперативного визначення рівня цукру у крові використовувався глюкометр One Touch Select.

Результати досліджень. В ході експерименту проводилась ретельна реєстрація поведінкових реакцій, оскільки саме поведінка тварин була об'єктом дослідження, та надавала інформацію що до можливості використання крижаної води в якості анестетика. Отримані дані дали цікаву інформацію що до процедури знерухомлення методом, що досліджувався. Особливу увагу приділили визначенню рухальної активності, наприклад визначали, чи викликає холодна вода збудження центральної нервової системи, чи навпаки пригнічує її діяльність.

З метою визначення загальної реакції плідників кларієвого сома на крижану воду було проведено тест на рухальну активність. Для цього рибу занурили на 5 хвилин у басейн з крижаною водою. Після занурення 10 плідників у ємність з крижаною водою, фіксували рухи плідників у трьох просторових осях, та кількість активних рухів. У крижаній воді вісім з десяти плідників кларієвого сома продемонстрували різке пригнічення активності руху. Тільки два сома плавали безперервно. Жорсткі оборонні рухи або стрибки з крижаної води не спостерігалися. В цілому, досліджена температура та експозиція, діяли заспокійливо на кларієвого сома. Зміни вмісту цукру у крові риб не спостерігалися. Рівень цукру у крові не вийшов за середні значення і складав близько 6 ммоль/л. Було встановлено загальну заспокійливу та пригнічуючу дію крижаної води на кларієвого сома. По закінченню експерименту рибу повернули до басейнів УЗВ, де поступово піднімали температуру води до 25°С і протягом години всі плідники повернулась до нормальної життєдіяльності.

У подальшому в експериментальних роботах були задіяні всі 18 плідників, яких піддали впливу крижаної води при експозиції 10 хвилин. Експеримент показав, що більшість плідників не виявили незалежних рухів вже після 8 хвилин експозиції у крижаній воді. У плідників спостерігалась повна атаксія, вони, на нашу думку, можуть бути використані у такому стані для проведення операцій по риборозведенню. Рівень цукру у крові при дослідженій експозиції дещо підвищився, знаходячись у середніх значеннях 10 ммоль/л, що може вказувати на початок стресу. По закінченню експерименту риба швидко повернулась до норми, активно живилась.

Статистично значущих відмінностей у поведінці плідників по закінченню двох серій експерименту не було.

В наступній серії експериментальних робіт експозиція витримування плідників кларієвого сома в крижаній воді була збільшена до 15 хвилин. Витримування плідників за такої експозиції показало, що риба отримує значний стрес, що супроводжується триразовим підвищенням рівня цукру у крові, глибокою анестезію та знерухомлення протягом тривалого часу, навіть після закінчення дії низьких температур на організм. Два екземпляра плідників по закінченню експерименту не прийшли до норми і загинули протягом чотирьох діб. В подальших дослідах їх не використовували.

В останній серії експериментальних робіт були задіяні 16 плідників, експозиція витримування плідників кларієвого сома в крижаній воді була збільшена до максимальних в експерименті величин. Дослідження показали, що експозиція у 20 хвилин не тільки викликає глибокий наркоз, стрес, що підтверджується різкою гіперглікемією, показники якої перевищували можливості вимірювання приладу – 33 ммоль/л, а й призводить до загибелі більшості риб, задіяних у експерименті. Така експозиція на нашу думку може використовуватись як передзабійна.

Висновки та перспективи. Проведені дослідження показали, що використання охолодженої води (температура води не більше +1 – +2°С) викликало ефект знерухомлення плідників кларієвого сома вже після 5-хвилинного витримування. В той же час присутність в експериментальних групах не менше 10% плідників, що активно рухалися не може вказувати на достатність такої експозиції для ефективного знерухомлення плідників сома. Оптимальною експозицією виявилася тривалість витримування плідників сома у крижаній воді в 10 хвилин. За 8–10 хвилин у всіх без винятку риб наставала втрата орієнтації та різке уповільнення рухів, що дозволяє проводити з ними технологічні операції. При цьому фізіологічний стан плідників суттєво не змінюється і вони швидко виходять із стресової ситуації при поверненні їх в оптимальну температуру води.

Збільшення експозиції витримування плідників кларієвого сома в охолодженій воді до 15–20 хвилин, на наш погляд, є недоречним

в практичному рибництві. Такі експозиції витримування викликали не тільки стан знерухомлення, але призводили до різкого збільшення вмісту глюкози у крові, що свідчило про настання глибокого стресу. При цьому плідники частково або повністю не виходили із стану стресу, що в подальшому викликало їх загибель.

В цілому, проведені дослідження показали, що анестезія плідників кларієвого сома охолодженою водою може з успіхом використовуватись під час його заводського відтворення при експозиціях до 15 хвилин. Експозиція близько 20 хвилин і більше може використовуватись при забої кларієвого сома.

METHOD OF ANESTHESIA AN AFRICAN CATFISH

Olifirenko V.V. *– Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,*
Kornienko V.O. *– Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,*
Kozychar M.V. *– Candidate of Agricultural Science, Associate Professor,*
Kherson state agricultural university,
pavelolifirenko@gmail.com, frank438@ukr.net, kaf.chemistry@ukr.net

Clarias gariepinus is a new object of aquaculture of Ukraine. When reproducing this species, exclusively factory methods are used, involving the immobilization of male and female fish, or anesthesia. Traditional methods of anesthesia are difficult to apply both in the reproduction of catfish and in its slaughter, given its anatomy and physiology. In our work, the possibility of the use of cold water as an immobilization and an anesthetic agent in the factory reproducing of a catfish was investigated. In the performance of research we were also considered the amazing possibilities of ice water as a procedure before slaughter catfish, provided by European regulations for the protection of animals in the slaughter. The research were conducted under the experimental RAS in the Department of Hydrobiology of the China-Ukrainian Scientific Research Institute of Sciences of Life (Zhuji, PRC), and were partly extended at the Kherson state Agrarian and Economic University. During the experimental works, the catfishes of three-year-olds were used, which for the purpose of immobilization were withstood in baths with chilled water at different expositions. During the work, the reaction of fish on the withstand in chilled to +1- +2 °C water was investigated. There were withstand of expositions - 5, 10, 15 and 20 minutes. In males and females of catfish, during the capture, transportation, adaptation and conduct of experiments, the blood sugar content was determined as an indicator of possible stress. The use of chilled water caused an effect after 5 minutes. The optimal duration was keeping males and females of catfish in ice water for 10 minutes. Within 8-10 minutes, all fish without exception had a loss of orientation and a sharp slowdown in movements. This allows you to carry out technological operations with them. In this case, the physiological state of fish does not change significantly. Fish quickly get out of a stressful situation when they return to the optimum water temperature.

An increase in the time of keeping male and female catfish in chilled water up to 15-20 minutes, in our opinion, is inappropriate in practical fish farming. Exposure for 15 minutes caused a state of immobilization, but led to an increase in blood glucose and

the death of several fish. Exposure for 20 minutes caused complete anesthesia with no respiratory movements and led to a sharp increase in blood glucose. This indicates the onset of deep stress. As a result, keeping the fish in cold water for 20 minutes caused the death of all males and females. Exposure of about 20 minutes or more can be used when slaughtering catfish.

Keywords: anesthesia, immobilization, catfish, fish, blood, anesthesia, death, exposure.

ЛІТЕРАТУРА

1. Качний О.С. Стан і тенденції розвитку світового рибного господарства і його роль у продовольчому забезпеченні населення. *Агросвіт*. № 12. 2009. С. 11–15.
2. Цілі Сталого Розвитку: Україна. Національна доповідь. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, Київ, 2017. 174 с.
3. Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.-I. & Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – putting fish back on the menu. *Food Security*, 7: 261–274.
4. Blanchard, J.L., Watson, R.A., Fulton, E.A., Cottrell, R.S., Nash, K.L., Bryndum-Buchholz, A., Büchner, M., Carozza, D.A., Cheung, W.W.L., Elliot, J., Davidson, L.N.K., Dulvy, N.K, Dunne, J.P., Eddy, T.D., Galbraith, E., Lotze, H.K., Maury, O., Müller, C., Tittensor, D.P. & Jennings, S. (2017). Linked sustainability challenges and trade-offs among fisheries, aquaculture and agriculture. *Nature Ecology and Evolution*, 1: 1240– 1249. doi: 10.1038/s41559-017-0258-8.
5. Cheung, W.W.L., Froelicher, T.L., Asch, R.G., Jones, M.C, Pinsky, M.L., Reygondeau, G., Rodgers, K.B., Rykaczewski, R.R., Sarmiento, J.L., Stock, C. & Watson, J.R. (2016). Building confidence in projections of the responses of living marine resources to climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 73: 1283–1296.
6. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018 – Достижение целей устойчивого развития. Рим. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ФАО. 2018.
7. Грициняк І.І. Наукове забезпечення розвитку аквакультури та підвищення ефективності використання водних біоресурсів внутрішніх водойм України. *Рибогосподарська наука України*. 2010. № 1. С. 4–13.
8. Clark, M. & Tilman, D. (2017). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters*, 12(6). URL: http://iopscience.iop. org/article/10.1088/1748-9326/aa6cd5/meta.
9. De Silva, S.S. & Soto, D. 2009. Climate change and aquaculture: potential impacts, adaptation and mitigation. In K. Cochrane, C. De Young, D. Soto & T. Bahri, eds. Climate change implications for fisheries and aquaculture:

overview of current scientific knowledge, pp. 151–212. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. no. 530. Rome, FAO.
10. Водні біоресурси і аквакультура. За ред. І.І. Грициняка, М.В. Гринжевського, О.М. Третяка. К.: ДІА, 2010. 400 с.
11. Регламент (ЕС) № 1099/2009 Совета ЕС о защите животных при умерщвлении. Брюссель, 24 сентября 2009 года. URL: https://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/laws/eu/2009-1099.pdf .
12. Коваленко В.О., Шумова В.М., Поплавська О.С. Удосконалення технології відтворення об'єктів рибництва (на прикладі стерляді і білого товстолоба). Мат-ли доповідей на наук.-практ. семінарі «FishExpo-2015» в рамках Міжнародної виставки-ярмарку Агро-2015. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. С. 82–89.
13. Brown, L. (2011). Anaesthesia for fish.*Vietfish*, 8, 68–70.
14. Поплавська О.С., Шумова В.М., Коваленко В.О. Досвід використання природних анестетиків для зменшення впливу стрес-факторів на риб в аквакультурі. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали VIII Міжнар. наук. конф. (21-23 грудня 2015 р.). Дніпропетровськ: Ліра, 2015. С. 134–136.
15. Никоноров С. И. Перспективы применения нейротропных веществ в рыбоводстве. *Рыбное хозяйство*, 1984. № 4. С. 72–73.
16. Кулясова О.В., Мельников А.В., Смирнов О.В. Анестезия рыб. *Ветеринария*. 2001. № 1. С. 21.
17. Давыдов О.Н., Абрамов А.В., Куровская Л.Я.,Темниханов Ю.Д., Неборачек С.И. Биологические препараты и химические вещества в аквакультуре. К.: Логос, 2009. 307 с.
18. Подушка С.Б. Прижизненное получение икры у осетровых рыб. Биологические ресурсы и проблемы развития аквакультуры на водойомах Урала и Западной Сибири: Всерос. науч.-практ. конф., Тюмень, 1996 г.: тезисы докл. Тюмень, 1996. С. 115–116.
19. Голованова Т.С., Климонов В.О., Дубов В.Е., Никонов С.И. Действие анастетиков каиновой группы на молодь и производителей русского осетра (*A. Gueldenstaedtii*). Материалы докладов III Междунар. Наук.-практ. конф. Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. Астрахань: Нова, 2004. С. 162–168.
20. Чебанов М.С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб. Анкара: ФОА ООН, 2010. 325 с.
21. Шевченко В.Ю., Оліфіренко В.В., Корнієнко В.О., Плугатарьов В.А. Спосіб застосування препарату XILA для анестезії плідників осетрових в процесі штучного відтворення. Патент № 117105 від 2017.06.12.
22. Шерман І.М., Козій М.В., Корнієнко В.О., Шевченко В.Ю. Осетрівництво: підручник, 2-е вид.доп. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2018. 463 с.

23. Hellmann, J., Hönig, W., Lübke, M., Steinhagen, D. Betäubungsverfahren für Afrikanische Welse (*Clarias gariepinus*) (2015): Fischgesundheit und Fischerei im Wandel der Zeit. XV. Gemeinschaftstagung der Deutschen, Österreichischen und Schweizer Sektion der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8. 10 Oktober 2014 an der LfL in Starnberg.: 79–86.

REFERENCES

1. Kachnij O.S. (2009). *Stan i tendenciyi rozvitku svitovogo ribnogo gospodarstva i jogo rol u prodovolchomu zabezpechenni naselennya* [The state and trends of the development of the world fisheries and its role in the food supply of the population]. *Agrosvit.* № 12. pp. 11–15. [in Ukrainian].
2. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine (2017). Sustainable Development Goals: Ukraine. National report., Kyiv. [in Ukrainian].
3. Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.-I. & Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – putting fish back on the menu. Food Security, 7: 261–274.
4. Blanchard, J.L., Watson, R.A., Fulton, E.A., Cottrell, R.S., Nash, K.L., Bryndum-Buchholz, A., Büchner, M., Carozza, D.A., Cheung, W.W.L., Elliot, J., Davidson, L.N.K., Dulvy, N.K, Dunne, J.P., Eddy, T.D., Galbraith, E., Lotze, H.K., Maury, O., Müller, C., Tittensor, D.P. & Jennings, S. (2017). Linked sustainability challenges and trade-offs among fisheries, aquaculture and agriculture. *Nature Ecology and Evolution*, 1: 1240– 1249. doi: 10.1038/s41559-017-0258-8.
5. Cheung, W.W.L., Froelicher, T.L., Asch, R.G., Jones, M.C, Pinsky, M.L., Reygondeau, G., Rodgers, K.B., Rykaczewski, R.R., Sarmiento, J.L., Stock, C. & Watson, J.R. (2016). Building confidence in projections of the responses of living marine resources to climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 73: 1283–1296.
6. FAO. (2018). The state of world fisheries and aquaculture. In brief. Meeting the sustainable development goals. (This work is available under a CC BY-NC-SA 3.0 IGO licence). Rim.
7. Gricinyak I.I. (2010). *Naukove zabezpechennya rozvitku akvakulturi ta pidvishennya efektivnosti vikoristannya vodnih bioresursiv vnutrishnih vodojm Ukrayini* [Scientific support for the development of aquaculture and increasing the efficiency of use of aquatic bioresources of inland water bodies of Ukraine]. *Ribogospodarska nauka Ukrayini*. no. 1. pp. 4–13. [in Ukrainian].
8. Clark, M. & Tilman, D. (2017). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters*, 12(6). URL: http://iopscience.iop. org/article/10.1088/1748-9326/aa6cd5/meta.

9. De Silva, S.S. & Soto, D. (2009). Climate change and aquaculture: potential impacts, adaptation and mitigation. In K. Cochrane, C. De Young, D. Soto & T. Bahri, eds. Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. Rome, FAO. no. 530. pp. 151–212.
10. Gricinyaka I.I., Grinzhevskogo M.V., Tretyaka O.M. (2010). Vodni bioresursi i akvakultura [Water bioresources and aquaculture]. Kiyiv: DIA. [in Ukrainian].
11. Council Regulation (EC) No 1099/2009 of 24 September 2009 on the protection of animals at the time of killing. URL: https://www.fsvps.ru/fsvps-docs/ru/laws/eu/2009-1099.pdf .
12. Kovalenko V.O., Shumova V.M., Poplavska O.S. (2015). *Udoskonalennja tehnologii' vidtvorennja ob'jektiv rybnyctva (na prykladi sterljadi i bilogo tovstoloba)*. [Improving the technology of reproduction objects fish farming (for example, sterlet and white carp)]. Proceedings of the reports on nauk. and practical. seminar «Fish Expo-2015» at the International exhibition-yarmarka Agro-2015. Kiev. pp. 82–89. [in Ukrainian].
13. Brown, L. (2011). Anaesthesia for fish.*Vietfish*, 8, 68–70.
14. Poplavska O.S., Shumova V.M., Kovalenko V.O. (2015). *Dosvid vykorystannia pryrodnykh anestetykiv dlia zmenshennia vplyvu stres-faktoriv na ryb v akvakulturi* [Experience the use of natural anesthetics to reduce the impact of stress factors on fish in aquaculture]. Biodiversity and Role of Animals in Ecosystems: Extended Abstracts. VIII International Conference. Dnipropetrovsk. Ukraine: Lira. pp. 134–136. [in Ukrainian].
15. Nikonorov S.I. (1984). *Perspektivy primeneniya neyrotropnykh veshchestv v rybovodstve* [Prospects application of neurotrophic substances in fish farming]. *Fish industry*. no. 4. pp. 72–73. [in Russian].
16. Kulyasova O.V., Mel'nikov A.V., Smirnov N.M. (2001). *Anesteziya ryb* [Anesthesia fish]. *Veterinary science.* no. 1. P. 21. [in Russian].
17. Davyidov O.N., Abramov A.V., Kurovskaya L.Ya., Temnihanov Yu.D., Neborachek S.I. (2009). *Biologicheskie preparaty i khimicheskie veshchestva v akvakul'ture* [Biological preparations and chemical substances in aquaculture]. Kyiv. Ukraine: Logos. [in Ukrainian].
18. Podushka S.B. (1996). *Prizhiznennoe poluchenie ikry u osetrovykh ryb* [Lifetime obtaining caviar from of sturgeon fish]. Biologicheskije resursi i problem razvitiya akvakuljturi na vodojomakh Urala i Zapadnoy Sibiri: Vseros. nauch.-prakt. konf.: tezisi dokl. Tjumen. pp. 115–116. [in Russian].
19. Golovanova T.S., Klimonov V.O., Dubov V.E. i Nikonov S.I. (2004). *Dejstvie anastetikov kainovoj gruppy na molod i proizvoditelej russkogo osetra (A. Gueldenstaedtii)*. Materialy dokladov III Mezhdunar. Nauk.-prakt. konf.

Akvakultura osetrovyh ryb: dostizheniya i perspektivy razvitiya. Astrahan: Nova. pp. 162–168. [in Russian].
20. Chebanov M.S. (2010). *Rukovodstvo po iskusstvennomu vosproizvodstvu osetrovyih ryib* [Guidelines for the Methods of mathematical modeling in ecology artificial reproduction of sturgeons]. Ankara: FAO. [in Turkey].
21. Shevchenko V.Yu., Olifirenko V.V., Korniyenko V.O., Plugatirov V.A. (2017). Sposib zastosuvannya preparatu XILA dlya anesteziyi plidnikiv osetrovih v procesi shtuchnogo vidtvorennya. Patent № 117105 vid 2017.06.01. [in Ukrainian].
22. Sherman I.M., Shevchenko V.Yu., Korniienko V.O., Ignatov O.V. (2009). *Ekoloho-tekhnolohichni osnovy vidtvorennia i vyroshchuvannia molodi osetropodibnykh* [Ecological-technological bases of reproduction and cultivation of young sturgeon]. Kherson: Oldi-Plius [in Ukrainian].
23. Hellmann, J., Hönig, W., Lübke, M., Steinhagen, D. (2014). Betäubungsverfahren für Afrikanische Welse (*Clarias gariepinus*). (2015): Fischgesundheit und Fischerei im Wandel der Zeit. XV. Gemeinschaftstagung der Deutschen, Österreichischen und Schweizer Sektion der European Association of Fish Pathologists (EAFP), 8. 10 Oktober 2014 an der LfL in Starnberg.: 79–86.

УДК [639.3.043.13:636.087.73]:[597/1.05:597.442]
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.7

РИБНИЦЬКО-БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОЩУВАННЯ РАННЬОЇ МОЛОДІ РОСІЙСЬКОГО ОСЕТРА ЗА УМОВИ ВВЕДЕННЯ В ЙОГО РАЦІОН ІНАКТИВОВАНИХ ПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ

Симон М.Ю. *– м.н.с.,*
Грициняк І.І. *– д.с.-г.н., академік НААН України,*
Колесник Н.Л. *– к.с.-г.н.,*
Інститут рибного господарства НААН України,
seemann.sm@gmail.com, kolenataleo@gmail.com

Ювенальний період онтогенезу є чи не найбільш проблемним під час вирощування російського осетра. Особливої складності він набуває в умовах інтенсивного типу ведення аквакультури, зокрема при використанні установок замкненого водопостачання (УЗВ). У першу чергу це пояснюється необхідністю переведення ранньої молоді риб на споживання виключно штучних кормів, що зазвичай супроводжується значним відходом. По друге, власне умови УЗВ є досить вагомим стрес-чинником для молоді риб, тому що таке утримання особин передбачає високу щільність посадки. Таким чином набуває актуальності пошук нових рішень в годівлі цієї вікової групи риб, які б дозволили підвищити її життєстійкість (якість) та нівелювати вплив стрес-чинників.

Оскільки ефективність осетрівництва визначається насамперед якістю рибопосадкового матеріалу, нами було поставлено завдання розробити схему годівлі, спрямовану на підвищення ефективності вирощування ранньої молоді російського осетра в умовах УЗВ за рахунок введення в його раціон інактивованих пекарських дріжджів. Оптимальність запропонованої схеми годівлі в першу чергу відображається за допомогою рибницько-біологічних показників, що й продемонстровано в роботі.

Отримані результати наших досліджень з використання пекарських дріжджів як кормової добавки для поліпшення рибницько-біологічних показників вирощування (підвищення темпів росту та маси, рівня виживання та конверсії корму) знаходять пояснення в біохімічних дослідженнях риб. Показники останніх та загальна тенденція підвищення ефективності вирощування молоді риб як наслідок згодовування їй дріжджів підтверджуються в актуальних наукових дослідженнях, здійснених у інших країнах.

Науковою новизною наших досліджень є підбір оптимальних концентрацій пекарських дріжджів та розробка схеми годівлі в УЗВ саме для молоді російського осетра. З'ясовано, що доцільно використовувати інактивовані пекарські дріжджі уякості біологічно активної добавки, що вноситься до основного корму шляхом змішування, у кількості 15% від маси останнього, впродовж перших двох тижнів від остаточного переходу на годівлю штучними кормами (тобто з 25 по 39 добу від викльову риб з ікри) та 5% впродовж наступних 2 тижнів (або з 39 по 53 добу від викльову риб з ікри).

Ключові слова: російський осетер, пекарські дріжджі, установка замкненого водопостачання, інтенсивне осетрівництво, вирощування молоді.

Постановка проблеми. Для того щоб домогтися найкращого результату при вирощуванні риб, обов'язково необхідно підібрати відповідний корм та обрати оптимальну стратегію годівлі. Рибницько-біологічні показники є адекватним відображенням якості ранньої молоді російського осетра та дозволяють проаналізувати наслідки введення в його раціон інактивованих пекарських дріжджів і підібрати оптимальну схему годівлі [1, с. 1883; 2, с. 24; 3, с. 221].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В численних закордонних дослідженнях доведено, що застосування пекарських дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*) не спричинює помутніння води та сприяє збагаченню основного корму нутрієнтами. Їх широко використовуютьв країнах Заходу як біологічно активну добавку до основного корму для насичення мікроелементами, зокрема селеном [4, с. 282; 5, с. 185; 6, с. 217]. Німецька компанія «Sera» при виробництві основного корму для молоді осетрових риб («SturgeonGranules») використовує пекарські дріжджі у якості одного з компонентів [7, с. 21].

Найчастіше в годівлі риб пекарські дріжджі розглядають як компонент основного корму, що дасть змогу задовольнити потребу риб в білку. Наприклад, це було доведено за експериментальної годівлі атлантичного лосося (*Salmosalar*) та райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) з використанням пекарських дріжджів [8, с. 389; 9, с. 344; 10, с. 1084].

Згодовування нільській тиляпії (*Oreochromis niloticus*) та райдужній форелі пекарських дріжджів як біологічно активної добавки до основного корму також дозволило виявити позитивний вплив цього компоненту раціону на темпи росту та стан імунної системи [11, с. 85; 12, с. 187; 13, с. 804].

Застосування в годівлі ранньої молоді перського осетра (*Acipenser persicus*) й білуги (*Huso huso*) інактивованих пекарських дріжджів дозволило значно підвищити кінцеву масу тіла та питому швидкість росту експериментальних групах риб [14, с. 1887; 15, с. 90; 16, с. 2731].

Отже, введення в раціон молоді риб інактивованих пекарських дріжджів справляє позитивний ефект на рибницько-біологічні показники їх вирощування в умовах аквакультури.

Формулювання цілей статті. Вихідною гіпотезою досліджень було те, що введення в раціон ранньої молоді російського осетра інактивованих пекарських дріжджів сприятиме підвищенню його рибницько-біологічних показників. Дослідження розмірно-вагових показників піддослідних риб дозволили повністю її підтвердити. Зокрема, додавання до основного корму вищезазначених організмів призвело до суттєвих відмінностей в лінійному темпі росту російського осетра. Завдяки аналізу розмірно-вагових показників нами була доведена залежність між вмістом у стартовому кормі інактивованих пекарських дріжджів і темпом ростуросійського осетра впродовж перших 6 тижнів екзогенного живлення.

Виклад основного матеріалу дослідження. В ході роботи ми дослідили вплив чотирьох концентрацій інактивованих пекарських дріжджів – 5, 10, 15 та 40% від маси основного корму на рибницько-біологічні показники ранньої молоді російського осетра, якого остаточно перевели на годівлю спеціалізованим стартовим комбікормом. Починаючи з 1-ої доби експерименту (яка припадала на 25 добу після викльову риб з ікри) ми кожні 4 доби досліджували особин за такими рибницько-біологічними показниками, як: початкова маса риб, кінцева маса риб, коефіцієнт варіації за масою, темп росту риб, коефіцієнт вгодованості та затрати корму на 1 г приросту. Тривалість експерименту була обумовлена фізіолого-біохімічними особливостями розвитку ранньої молоді російського осетра та становила 28 діб.

Коефіцієнт варіації за масою вираховували виходячи з того, що це відносна величина, що слугує для характеристики коливання (мінливості) ознаки, в нашому випадку – маси російського осетра. Менше значення коефіцієнта варіації вказує на більшу однорідність сукупності за ознакою, яка досліджується. Підкреслимо, що загальноприйнятим є враховувати сукупність достатньо однорідною, якщо коефіцієнт варіації не перевищує 33%, що і спостерігається в наших дослідженнях. Так, в першій серії дослідів з використанням концентрації дріжджів 10 та 40% цей показник становить в дослідній групі риб №2 – 10,31, в дослідній групі риб №4 – 29,08% та 21,64% в контрольній групі риб (табл. 1).

Таблиця 1. **Рибницько-біологічні показники вирощування ранньої молоді російського осетра за умови вмісту інактивованих пекарських дріжджів 10 та 40% у стартовому комбікормі (M± m, n=30)**

Показники	Контрольна група риб	10% пекарських дріжджів (дослідна група риб № 2)	40% пекарських дріжджів (дослідна група риб № 4)
Тривалість експерименту, діб	28	28	28
Початкова маса, г	0,068±0,020	0,068±0,020	0,068±0,020
Кінцева маса, г	1,839±0,269	2,195±0,138	0,802±0,190
Коефіцієнт варіації за масою, %	21,64	10,31	29,08
Темп росту, мг/добу	54,68	62,52	28,63
Абсолютний (валовий) приріст, г	1,771	2,127	0,734
Відносний приріст маси, %	1839,60	2195,92	924,62
Максимальний відносний приріст маси, %	22,00	23,00	19,00
Коефіцієнт вгодованості, од.	0,67±0,02	0,68±0,01	0,54±0,01
Затрати корму на 1 г приросту, г	1,1	0,8	1,2

У другій серії дослідів з використаннямконцентрації дріжджів 5 та 15% він становивв дослідній групі риб № 1 – 17,67% та в дослідній

групі риб №3 – 17,94%, а у контрольній групі риб – 26,07%. Тобто, в обох серіях нашого експерименту з введення в раціон ранньої молоді російського осетра пекарських дріжджів, ми можемо відмітити, що риби були досить однорідні за своєю масою, що є цілком нормальним для цього віку. В цілому, широкі межі коливань показників за масою тіла на першому році вирощування в умовах інтенсивної аквакультури спостерігаються у всіх видів осетрових риб і є обумовленими генетично.

Найвищий темп росту був у осетрів з дослідної групи № 3, він перевершував цей показник у контрольній групі риб на 46,41%. В дослідній групі риб № 2 він також був достатньо високим і перевищував такий у контрольній групі риб на 36%. Найнижчий темп росту був у риб з дослідної групи № 4, осетри з контрольної групи риб перевершували їх за цим показником на 47,64%.

Швидкість приросту маси ранньої молоді російського осетра або його абсолютний приріст ми визначали як різницю маси за проміжок часу, рівний тривалості нашого експерименту, тобто – 28 добам після остаточного переходу на годівлю стартовим комбікормом (53 доби від виклюву риб з ікри). Цей показник визначали за даними систематичних зважувань і найвищим він був в дослідній групі риб № 3, яким в раціон вводили 15%, від маси основного корму, пекарських дріжджів. Докладний аналіз цього показника в усіх досліджуваних групах ранньої молоді наведено нижче.

Абсолютний (валовий) приріст характеризує швидкість росту піддослідних особин. Тобто, це збільшення живої маси риб за певний проміжок часу, виражений в грамах. Ми вираховували його визначаючи різницю між масою осетрів на початку та в кінці експерименту. Найбільший, порівняно з усіма піддослідними групами, абсолютний приріст був зареєстрований в дослідній групі риб № 3. Він перевершував такий показник в контрольній групі на 46,43%. Трохи нижчі значення абсолютного приросту були в дослідних групах № 1 та № 2, яким згодовували 5 та 10%, від маси основного корму, пекарських дріжджів. Вони перевищували такі показники в контролі на 36 та 16,7% відповідно. Найнижчі,порівняно з усіма піддослідними групами риб, значення абсолютного приросту були зареєстровані в дослідній групі риб № 4, в якій відсоток введення мікроорганізмів був найбільшим, серед усіх дослідних груп. Так, він на 58,55% був нижчим, за такий показник серед риб, які не споживали дріжджі. Далі ми розглянемо це явище докладніше.

Середньодобовий приріст показує на скільки грамів в середньому за добу збільшилась жива маса риб. Для його розрахунку величини абсолютно приросту ми ділили на кількість діб, які тривав експеримент, а саме – 28 доби. В дослідних групах риб № 1, № 2 та № 3 він суттєво не відрізнявся і перевищував за своїм значенням цей показник в контрольних

групах риб. Нижчими, ніж в останніх, були значення середньодобового приросту в дослідній групі російського осетра № 4.

Відносний приріст маси необхідно було визначити через те, що окремі особини мають однаковий середньодобовий приріст, але інтенсивність росту в них різна. Тому для характеристики їх росту ми вираховували відносний приріст, для чого абсолютний приріст маси ми ділили на добуток маси риб на початок експерименту та 100%. Однак, загальна тенденція до позитивного впливу не високих концентрацій пекарських дріжджів на організм ранньої молоді російського осетра та доцільність їх введення у кількості 5 та 15%, від маси основного корму, до раціону цього виду риб була підтверджена й аналізом відносного приросту маси.

Коефіцієнт вгодованості російського осетра вважали за доцільне вираховувати, оскільки він характеризує не лише вгодованість риб, але й із показником швидкості приросту маси, дозволяє відмічати коливання у забезпеченості кормом. Визначали коефіцієнт вгодованості за формулою Фультона через 28 діб експерименту (на 53 добу від викльову риб з ікри), на основі індивідуального вимірювання та зважування, оскільки використання формул Сальнікова та Кларка було недоцільним в наявних умовах проведення експерименту. Так, масу риб ми ділили на її довжину, а потім множили на 100%. Отримана в такий спосіб величина є опосередкованим показником фізіологічного стану ранньої молоді російського осетра. Він базується на зовнішніх ознаках досліджуваних особин, які характеризують ступінь накопичення поживних речовин у їх організмі. Отже, хоча коефіцієнт вгодованості як показник є умовною величиною, однак завдяки ньому можливо визначити фізіологічний стан риб. Оскільки наш експеримент було проведено в оптимальних гідрохімічних умовах УЗВ із постійною забезпеченістю риб кормом, то за цим показником контрольні та дослідні групи риб № 1, № 2 та № 3 майже не відрізнялись. В них цей показник становив 0,67±0,02, 0,67±0,01, 0,68±0,01 і 0,68±0,01 відповідно. Низьким, порівняно з ними був коефіцієнт вгодованості в дослідній групі риб № 4, якій згодовували найбільшу, з-поміж інших дослідних груп, кількість інактивованих пекарських дріжджів – 40% від маси основного корму. В ній він становив 0,54±0,02, тобто був нижчим на 13,4% за цей показник у контрольній групі риб.

Показник затрат корму на 1 г приросту маси риби безпосередньо пов’язаний з конверсією корму, тобто співвідношення приросту маси на одиницю спожитого корму.Таким чином, чим більше коефіцієнт конверсії, тим більше корму необхідно затратити на виробництво продукції осетрівництва. Більш низький коефіцієнт конверсії свідчить про високу якість використовуваних кормів. Він залежить від двох основних фізіологічних процесів в організмі риб: засвоюваності поживних речовин та їх перетравності.

Ці процеси знаходяться під впливом ряду чинників, які можливо об'єднати в 2 групи. Перша обумовлена чинниками, безпосередньо пов'язаними з кормом: структурою раціону та властивостями кормів (повноцінність раціону, вибір кормів, їх якість, використання балансуючих добавок та ін.). Отже, конверсія корму є одним з найважливіших показників, які обумовлюють економічну ефективність інтенсивного вирощування російського осетра. У зв'язку з цим, провідні світові виробники кормів постійно працюють над вдосконаленням рецептур останніх, які дозволять максимально знизити затрати корму на приріст маси риб. За цим показником, використання помірних концентрацій (5, 10 та 15% від маси основного корму) пекарських дріжджів дозволяє суттєво знизити затрати корму на приріст маси риб, порівняно з контрольною групою риб та осетрами, яким згодовували 40% (дослідна група № 4), від маси основного корму, пекарських дріжджів. В останній групі зависока концентрація дріжджів призвела до погіршення затрат корму, порівняно з контролем на 8,3%. Серед дослідних груп № 1, № 2 та № 3 найкращі показники затрат корму на 1 г приросту маси ранньої молоді російського осетра були зареєстровані в дослідній групі риб № 3, якій згодовували 15%, від маси основного корму інактивованих пекарських дріжджів. В ній вони перевищували такі у контрольній групі риб на 33%. У осетрів з дослідних груп № 1 та № 2 цей показник був 28,5 та 27% відносно риб, що не споживали дріжджі, відповідно (табл. 1).

Початкова маса риб у всіх трьох групах була однаковою, та становила близько 0,07 г. Кінцева маса була найвищою в дослідній групі риб № 2, перевищуючи цей показник у контрольній групі риб на 56%. Вона становила 2,195 г, проти маси в 0,802 г у дослідній групі риб № 4 та маси 1,839 г у риб з контрольної групи. Тобто, найменша кінцева маса була відмічена в дослідній групі риб № 4, якій згодовували 40%, від маси основного корму, інактивованих пекарських дріжджів. В риб з цієї групи на 16% маса була нижчою, за таку у риб з контрольної групи.

Коефіцієнт варіації за масою в усіх досліджуваних групах риб був середнім і свідчив про значну різнорідність серед досліджуваних особин. Втім, найнижчим він був у дослідній групі риб № 2, якій згодовували 10%, від маси основного корму інактивованих пекарських дріжджів. Найвищий коефіцієнт варіації за масою розрахували для дослідної групи риб № 4, якій згодовували 40%, від маси основного корму, мікроорганізмів.

Схожа тенденція простежувалась і для абсолютного, середньодобового та відносного приростів маси. По всім трьом вищенаведеним показникам найліпшими значеннями володіли російські осетри з дослідної групи № 2. Риби з контрольної групи займали проміжне становище, а найнижчі значення були відмічені серед російських осетрів, яким згодовували 40% від маси основного корму інактивованих пекарських дріжджів. Коефіцієнт вгодованості між

контрольною групою риб та дослідною групою риб № 1 майже не відрізнявся за своїми значеннями, які були суттєво вищими, за такі у дослідній групі риб № 4. Найменші затрати корму були зафіксовані в дослідній групі риб № 2, а найбільші – в дослідній групі риб № 4. Темп росту в ній також негативно відрізнявся від такого в дослідній групі риб № 2 та контрольній, маючи найнижчий показник з-поміж них – 28,63 проти 62,52 та 54,68 мг/добу відповідно.

Отже, ми можемо зробити висновок, що зависокі концентрації пекарських дріжджів у раціоні ранньої молоді російського осетра справляють негативний вплив на його рибницько-біологічні показники. Це підтверджується і дослідженнями динаміки приросту маси цих риб, наведеними нижче.

Динаміка приросту масиранньої молоді російського осетра, якій згодовували інактивовані пекарські дріжджі у кількості 10 та 40% (дослідні групи риб № 2 та № 4) від маси основного корму, впродовж 28 діб після остаточного переходу на годівлю штучними комбікормами (з 25 по 53 доби від викльову риб з ікри) представлена на рисунку 1.

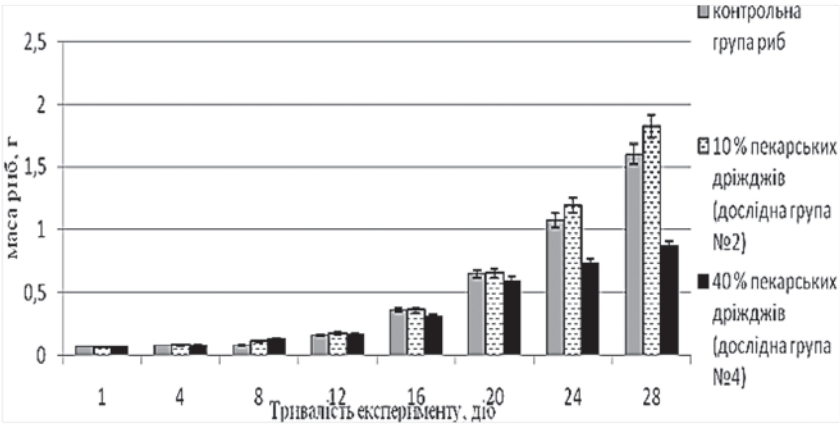


Рис. 1. **Динаміка приросту маси ранньої молоді російського осетра за умови вмісту інактивованих пекарських дріжджів 10 та 40% у стартовому комбікормі (M ± m, n = 30)**

**Примітка. Різниця статистично вірогідна порівняно з контрольною групою: p ≤0,95.*

Вже на 4 добу експерименту (27 доба після викльову) виникає помітна різниця у прирості маси риб з контрольної групи, де згодовували виключно стартовий корм, з рибами дослідних груп № 2 та № 4, в раціоні яких були присутні інактивовані пекарські дріжджі.

Загальною динамікою у всіх трьох групах риб був приріст маси, однак його найкращі показники були зареєстровані в дослідній групі № 2, якій згодовували 10% від маси основного корму інактивованих

пекарських дріжджів (рис. 1). Осетри з цієї групи починаючи з 12 доби експериментальної годівлі (36 доба після викльову з ікри) стабільно перевершували за показником приросту маси риб з контрольної групи та дослідної групи № 4.

Було виявлено, що високі концентрації пекарських дріжджів (40% від маси основного корму) викликають високі темпи приросту маси ранньої молоді російського осетра лише з 4 по 8 добу (з 27 по 31 добу після його викльову з ікри) від остаточного переходу на годівлю штучними комбікормами. Так, при згодовуванні в дослідній групі № 2 40%, від маси основного корму, інактивованих пекарських дріжджів, на 8 добу експерименту, середня маса дослідних риб переважала на 59% таку у контрольній групі риб. У той же час, середня маса осетрів, з дослідної групи № 2 перевищувала таку в контрольній групі риб на 36%. Однак, з 9 по 24 добу включно, вміст дріжджів на рівні 40% у стартовому кормі призводить до сповільнення накопичення маси. Зокрема, у риб з цієї дослідної групи були найнижчі показники приросту маси, порівняно з такими у контрольній групі та дослідній групі № 2. Тобто, стимулюючий ефект нівелюється подальшими розладами у травній системі, що не дозволяє використовувати таку концентрацію за тривалого часу. Таким чином, ми підтвердили гіпотезу стосовно того, що інактивовані пекарські дріжджі мають безпосередній вплив на процеси росту та накопичення маси ранньою молоддю російського осетра. На прикладі риб з дослідної групи № 4, було з'ясовано, що високі концентрації цих мікроорганізмів (40% від маси основного корму) не доцільно застосовувати в осетрівництві, оскільки викликаний ними позитивний ефект є нестабільним. Тривале ж застосування вищенаведеної концентрації чинить негативний вплив на процеси приросту маси ранньої молоді російського осетра. В той же час, на прикладі риб з дослідної групи № 2, ми виявили, що помірні (10% від маси основного корму) концентрації інактивованих пекарських дріжджів індукують стабільно високі показники приросту маси, що перевершують такі в контрольній групі риб.

Наступним кроком було дослідити приріст маси ранньої молоді російського осетра за впливу годівлі з вмістом наближених до таких у дослідній групі риб № 2, концентрацій інактивованих пекарських дріжджів. Для цього були створені дослідні групи риб № 1 та № 3, яким згодовували 5 та 15% від маси основного корму інактивованих пекарських дріжджів, відповідно. Результати такого експерименту графічно виражені на рисунку 2.

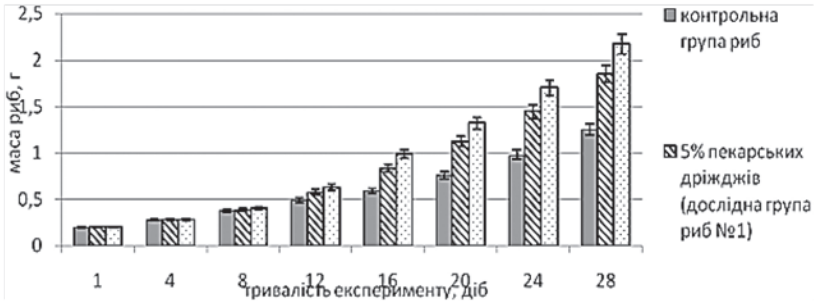


Рис. 2. **Динаміка приросту маси ранньої молоді російського осетра за умови вмісту інактивованих пекарських дріжджів 5 та 15% у стартовому комбікормі (M ± m, n = 30)**

** Примітка. Різниця статистично вірогідна порівняно з контрольною групою: p ≤0,95.*

Отже, спостерігається підтвердження тенденції до стабільного приросту маси у всіх трьох групах риб. При чому, за показниками накопичення маси, риби з дослідних груп № 1 та № 3, були кращі за показники молоді з контрольної групи, що не споживала мікроорганізми. Вищеописана динаміка приросту маси чітко простежувалась починаючи з 8 доби експерименту (33 доба після викльову з ікри). З цього часу дослідна група риб № 3, стабільно перевищувала за показниками приросту маси дослідну групу риб № 1. Крім того, з часом – починаючи з 16 доби експерименту (41 доби після викльову осетрів з ікри) різниця у показниках приросту маси суттєво відрізнялась між вищенаведеними групами російського осетра. Наприклад, при згодовуванні 15% від маси основного корму дріжджів впродовж 16 діб, середня маса риб з дослідної групи №3 переважала таку у контрольній групі риб на 66,5%. А у дослідній групі риб № 1, якій згодовували 5% від маси основного корму дріжджів, середня маса осетрів перевищувала таку у контрольній групі риб на 40,6%. Однак, впродовж першого тижня експерименту не було відмічено суттєвих переваг в рості ранньої молоді у дослідній та контрольній групах риб. Це можна пояснити тим, що повільне накопичення вітамінів, протеїнів та нуклеїнових кислот в організмі риб дало поштовх процесам метаболізму, а отже – сприяло інтенсивному приросту маси у риб, яким згодовували інактивовані пекарські дріжджі. Окрім динаміки приросту маси, в ході експерименту з дослідними групами риб № 1 та № 3, ми досліджували вплив 5 та 15%, від маси основного корму, інактивованих пекарських дріжджів на їх рибницько-біологічні показники (табл. 2).

Виявлено, що хоча на початку експерименту маса риб у всіх трьох групах була однаковою, за 28 діб (з 25 по 53 добу від викльову риб з ікри) найбільшу (2,173 г) масу набрали риби з дослідної групи № 3, яким згодовували 15% від маси основного корму інактивованих пекарських дріжджів.

У осетрів з цієї групи вона перевищувала таку у осетрів з контрольної групи риб на 42%. Однак, концентрація у 5% від маси основного корму цих мікроорганізмів, яку задавали рибам з дослідної групи № 1, також сприяла більшій на 32% масі російського осетра, порівняно з такою у риб з контрольної групи. В той же час, найменше (17,67%) значення коефіцієнту варіації за масою було вирахуване саме для риб з контрольної групи, тоді як у дослідній групі риб № 3 воно було найбільшим (26,07%), порівняно з іншими групами піддослідних особин. Подібна тенденція до найменших значень в контрольній групі риб та найбільших в дослідній групі риб № 3 спостерігається і для таких показників як абсолютний (валовий), середньодобовий та відносний прирости маси. Так, за абсолютним приростом маси осетри з дослідної групи № 1 займають проміжне положення, за цим показником, з-поміж контрольної групи риб та дослідної групи риб № 3, відповідно.

Таблиця 2. **Рибницько-біологічні показники вирощування ранньої молоді російського осетра за умови вмісту інактивованих пекарських дріжджів 5 та 15% у стартовому комбікормі (M±m, n=30)**

Показники	Контрольна група риб	5% пекарських дріжджів (дослідна група риб № 1)	15% пекарських дріжджів (дослідна група риб № 3)
Тривалість експерименту, діб	28	28	28
Початкова маса, г	0,198±0,120	0,198±0,120	0,198±0,120
Кінцева маса, г	1,256±0,240	1,851±0,183	2,173±0,275
Коефіцієнт варіації за кінцевою масою, %	26,07	17,67	17,94
Темп росту, мг/добу	37,79	59,04	70,53
Абсолютний (валовий) приріст, г	1,058	1,653	1,975
Відносний приріст маси, %	569,31	905,47	1073,39
Максимальний відносний приріст маси, %	533,76	834,05	996,24
Коефіцієнт вгодованості, од.	0,68±0,02	0,68±0,01	0,68±0,01
Затрата корму на 1 г приросту, г	0,84	0,60	0,56

Темп росту ранньої молоді російського осетра також був найбільшим саме у риб з дослідної групи № 3, а найменшим – в контрольній групі риб. З коефіцієнтом вгодованості була та ж ситуація, що і в досліді з використанням 10 та 40%, від маси основного корму, пекарських дріжджів. У цьому експерименті він суттєво відрізнявся від такого у контрольній групі риб з вищенаведеного експерименту та дослідній групі риб № 2. Істотна різниця була лише у порівнянні з рибами з дослідної групи № 4, але це пояснюється надмірним вмістом інактивованих пекарських дріжджів в останній.

Висновки і пропозиції. Дослідженнями встановлено, що використання інактивованих пекарських дріжджів у годівлі молоді російського осетра позитивно впливає на рибницько-біологічні показники. Зокрема, хоча коефіцієнт вгодованості в створених нами умовах вирощування був стабільно високим та вірогідно не відрізнявся у риб з контрольної групи та дослідних груп № 1 та № 3. Однак, затрати основного стартового корму в досліджуваних групах риб суттєво відрізнялись і дають підставу стверджувати, що найбільш ефективним є використання 15% від маси основного корму інактивованих пекарських дріжджів в годівлі ранньої молоді російського осетра. Так, їх вміст в основному кормі на рівні 5 та 15% знижує на 28–33% конверсію корму за 28 діб порівняно з контрольною групою риб.

Отже, встановлено, що існує залежність між часткою вмісту в раціоні інактивованих пекарських дріжджів та показниками лінійно-вагового росту молоді російського осетра вже з 8-ї доби від початку згодовування цієї біологічно активної добавки.

На основі проведених досліджень запропонована схема годівлі молоді російського осетра в УЗВ, що передбачає згодовування інактивованих пекарських дріжджів у кількості 15% від маси основного корму впродовж перших двох тижнів від остаточного переходу на годівлю штучними кормами, та 5% впродовж наступних 2 тижнів. Тобто, з 25 по 53 добу від виходу вільних ембріонів.

За допомогою використання запропонованої схеми годівлі можливо знизити на 28–33%, витрати корму на 1 г приросту маси риб, а сам темп росту значно підвищити (на 46,41% порівняно з таким у контрольній групі риб), як і кінцеву масу ранньої молоді російського осетра (на 56% порівняно з такою у контрольній групі риб).

Таким чином, можливо досягти значного покращення рибницько-біологічних показників при вирощуванні ранньої молоді російського осетра.

FISH-BREEDING AND BIOLOGICAL INDICATORS OF GROWING RUSSIAN STURGEON EARLY JUVENILES UNDER THE CONDITIONS OF INTRODUCING IN ITS DIET INACTIVATED BAKER'S YEAST

Simon M.Yu. *– Junior Research Fellow*,
Hrytsyniak I.I. *– Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,*
Kolesnyk N.L. *– Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Institute of Fisheries of the NAAS, Kyiv,*
seemann.sm@gmail.com

The juvenile period of ontogenesis is perhaps the most problematic during the cultivation of Russian sturgeon.It acquires particular difficulty in conditions of an intensive type of aquaculture management, in particular when using recirculating

aquaculture system (RAS).This is primarily due to the need to transfer early juvenile fish to the consumption of exclusively artificial feed, which is usually accompanied by significant mortality.Secondly, the actual conditions of RAS are quite a significant stress factor for juvenile fish, since such a content of individuals implies a high planting density.Thus, the search for new solutions in feeding this age group of fish that would increase its viability (quality) and level the influence of stress factors is becoming relevant.

Since the efficiency of sturgeon breeding is determined primarily by the quality of the stocking material, we set the task to develop a feeding scheme aimed at increasing the efficiency of growing early juveniles of Russian sturgeon under conditions of RAS testing by introducing inactivated baker's yeast into its diet.The optimality of the proposed feeding scheme is primarily displayed using fish-breeding and biological indicators, which is demonstrated in the work.

The results of our studies on the use of baker's yeast as a feed additive to improve fish-biological indicators (increase in growth and weight, survival and feed conversion) are explained in biochemical studies of fish.The indicators of the latter and the general trend of increasing the efficiency of rearing juveniles, as a result of feeding her yeast, are confirmed in relevant scientific studies conducted in other countries.

The scientific novelty of our research is the selection of optimal concentrations of baker's yeast and the development of a feeding schedule forearly juveniles of Russian sturgeon under conditions of RAS.It was found that it is advisable to use inactivated baker's yeast as a biologically active additive introduced to the main feed by mixing, in the amount of 15% of the mass of the latter, during the first two weeks after the final transition to feeding with artificial feed (that is, from 25 to 39 days from hatching fish from caviar) and 5% over the next 2 weeks (or 39 to 53 days from hatching fish from caviar).

Keywords: Russian sturgeon, baker's yeast, recirculating aquaculture system (RAS), intensive sturgeon breeding, rearing of juveniles.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абросимова К.С., Абросимова Н.А., Васильева Л.М. Проблемы выращивания личинок и мальков осетровых рыб в интенсивной аквакультуре и пути их решения. *Фундаментальные исследования.* 2015. № 2(9). С. 1882–1886.
2. Васильева Л.М., Судакова Н.В. Биологические и технологические основы товарного осетроводства. Астрахань : АГТУ, 2014. 247 с.
3. Симон М.Ю., Грициняк І.І., Забитівський Ю.М. Використання сухих інстантних пекарських дріжджів у годівлі молоді російського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*). *Таврійський науковий вісник.* 2018. № 104. С. 220–224.
4. Mapelli V., Hillestrøm P.R., Kápolna E., Larsen E.H., Olsson L. Metabolic and bioprocess engineering for production of selenized yeast with increased content of seleno-methylselenocysteine. *Metabolic Engineering*. 2011. Vol. 13. 282–293.
5. Rodríguez A., Cuesta A., Ortuño J., Esteban M. A., Meseguer J. Immunostimulant properties of a cell wall-modified whole *Saccharomyces*

cerevisiae strain administered by diet to seabream (*Sparusaurata* L.). *Veterinary Immunology Immunopathology*. 2003. Vol. 96. 183–192.

6. Yua H.H., Hana F., Xueab M., Wanga J., Taconc P., Zhenga Y.H., Wua X.F., Zhang Y.J. Efficacy and tolerance of yeast cell wall as an immunostimulant in the diet of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture.* 2014. Vol. 432. 217–224.
7. Gatesoupe F.J. Live yeasts in the gut: natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture.* 2007. Vol. 267. 20–30.
8. Barnes M.E., Durben D.J., Reeves S.G., Sanders R. Dietary yeast culture supplementation improves initial rearing of McConaughty strain rainbow trout. *Aquaculture Nutritional.* 2006. Vol. 12. 388–394.
9. Heidarieh M., Mirvaghefi A.R., Akbari M., Sheikhzadeh N., Kamyabi Moghaddam Z., Askari H., Shahbazfar A.A. Evaluations of Hilyses™, fermented *Saccharomyces cerevisiae*, on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth performance, enzymatic activities and gastrointestinal structure. *Aquaculture Nutritional*. 2013. Vol. 19. 343–348.
10. Heidarieh M., Mirvaghefi A.R., Akbari M., Sheikhzadeh N., Kamyabi Moghaddam Z., Askari H., Shahbazfar A.A. Hilyses® fermented *Saccharomyces cerevisiae* enhances the growth performance and skin non-specific immune parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunology*. 2012. Vol. 2. 1083–1087.
11. He S., Zhou Z., Meng K., Zhao H., Yao B., Ringø E., Yoon I. Effects of dietary antibiotic growth promoter and *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on production, intestinal bacterial community, and nonspecific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus female* × *Oreochromis aureus male*). *Journal Animal Science.* 2011. Vol. 9. 84–92.
12. Abdel-Tawwab M., Abdel-Rahman A. M., Ismael N.E.M. Evaluation of commercial live baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture.* 2008. Vol. 280. 185–189.
13. El-Boshy M.E., El-Ashram A.M., Abdelhamid F.M., Gadalla H.A. Immunomodulatory effect of dietary *Saccharomyces cerevisiae*, β-glucan and laminaran in mercuric chloride treated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and experimentally infected with *Aeromonas hydrophila*. *Fish Shellfish Immunology*. 2010. Vol.28. 802–808.
14. Jafaryan H. The effect of microbial technology on the enhancement of growth Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae using baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *The first conference of Modern Technology in Agriculture and Natural Resources*. 2009. 1886–1891.

15. Hoseinifar S.H., Mirvaghefi A., M. Daniel L. The effects of dietary inactive brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. ellipsoideus on the growth, physiological responses and gut microbiota of juvenile beluga (*Husohuso*). *Aquaculture.* 2011. Vol. 318. 90–94.
16. Iranshahi F., Kiaalvandi S., Faramarzi M., Boloki M. L. The enhancement of growth and feeding performance of persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae by Artemia urmiana nauplii bioencapsulated via baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2011. Vol. 10(20). 2730–2735

REFERENCES

1. Abrosimova K.S., Abrosimova N.A., Vasil'eva L.M. (2015). *Problemy vyrashhivanija lichinok i mal'kov osetrovyh ryb v intensivnoj akvakul'ture i puti ih reshenija*. [Problems of growing sturgeon larvae and fry in intensive aquaculture and ways to solve them]. *Fundamental'nye issledovanija*. Vol. 2(9). pp. 1882–1886.[in Russian]
2. Vasilieva L.M., Sudakova N.V. (2014). *Biologicheskie i tehnologicheskie osnovy tovarnogo osetrovodstva. Astrahan'*. [Biological and technological foundations of commodity sturgeon breeding]. Astrakhan : ASTU. [in Russian]
3. Simon M.Iu., Hrytsyniak I.I., ZabytivskyiYu.M. (2018). Vykorystannia sukhykh instantnykh pekarskykh drizhdzhiv u hodivli molodi rosiiskoho osetra (*Acipenser gueldenstaedtii*). [The use of dry instant baker's yeast in the feeding of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juvenile]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. Vol. 104. pp. 220–224. [inUkrainian]
4. Mapelli V., Hillestrøm P.R., Kápolna E., Larsen E.H., Olsson L. (2011). Metabolic and bioprocess engineering for production of selenized yeast with increased content of seleno-methylselenocysteine. *Metabolic Engineering*. Vol. 13. pp. 282–293.
5. Rodríguez A., Cuesta A., Ortuño J., Esteban M. A., Meseguer J. (2003). Immunostimulant properties of a cell wall-modified whole *Saccharomyces cerevisiae* strain administered by diet to seabream (*Sparusaurata* L.). *Veterinary Immunology Immunopathology*. Vol. 96. pp. 183–192.
6. Yua H.H., Hana F., Xueab M., Wanga J., Taconc P., Zhenga Y.H., Wua X.F., Zhang Y.J. (2014). Efficacy and tolerance of yeast cell wall as an immunostimulant in the diet of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture.* Vol. 432. pp. 217–224.
7. Gatesoupe F.J. (2007). Live yeasts in the gut: natural occurrence, dietary introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture.* Vol. 267. pp. 20–30.
8. Barnes M.E., Durben D.J., Reeves S.G., Sanders R. (2006). Dietary yeast culture supplementation improves initial rearing of McConaughty strain rainbow trout. *Aquaculture Nutritional.* Vol. 12. pp. 388–394.

9. Heidarieh M., Mirvaghefi A.R., Akbari M., Sheikhzadeh N., Kamyabi-Moghaddam Z., Askari H., Shahbazfar A.A. (2013). Evaluations of Hilyses™, fermented *Saccharomyces cerevisiae*, on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth performance, enzymatic activities and gastrointestinal structure. *Aquaculture Nutritional*. No. 19. pp. 343–348.
10. Heidarieh M., Mirvaghefi A.R., Akbari M., Sheikhzadeh N., Kamyabi-Moghaddam Z., Askari H., Shahbazfar A.A. (2012). Hilyses® fermented *Saccharomyces cerevisiae* enhances the growth performance and skin non-specific immune parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunology*. Vol. 32. pp. 1083–1087.
11. He S., Zhou Z., Meng K., Zhao H., Yao B., Ringø E., Yoon I. (2011). Effects of dietary antibiotic growth promoter and *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on production, intestinal bacterial community, and nonspecific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus female*×*Oreochromis aureus male*). *Journal Animal Science.* Vol. 89. pp. 84–92.
12. Abdel-Tawwab M., Abdel-Rahman A.M., Ismael N.E.M. (2008). Evaluation of commercial live baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture.* Vol. 280. pp. 185–189.
13. El-Boshy M.E., El-Ashram A.M., Abdelhamid F.M., Gadalla H.A. (2010). Immunomodulatory effect of dietary *Saccharomyces cerevisiae*, β-glucan and laminaran in mercuric chloride treated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and experimentally infected with *Aeromonas hydrophila*. *Fish Shellfish Immunology*. Vol. 28. pp. 802 s.

УДК 639.3:628.3
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.8

ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ ВИДУ *CHLOROPHYTA* ЯК БІОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ОЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ

[1]***Шарило Ю.Є.*** *– директор,*
[1]***Деренько О.О.****– провідний фахівець,*
[2]***Дюдяєва О.А.*** *– старший викладач, консультант з експорту,*
[1]*Бюджетна установа «Методично-технологічний центр з аквакультури»,*
[2]*ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,*
egts@ukr.net, dyudyaeva.olga@gmail.com

Глобалізаційні процеси вимагають від сучасної економіки все більшої гнучкості та ефективності. Сучасні тренди у аквакультурі це активне запровадження сталих практик, взаємодія з іншими сферами економіки, енергозбереження та сучасні біотехнології. Очевидно, що запровадження всіх цих компонентів маю відбуватися гармонійно, адже не існує типових стратегій забезпечення сталого розвитку територій. Симбіоз економіки, екології та соціальної сфери потребує ґрунтовних наукових досліджень та не менш ґрунтовних апробацій. А ще для сталого розвитку аквакультури необхідно залучати органічні компоненти, які будуть гармонійно впливати на екосистему в процесі ведення аквакультури.

Крім того, одним з таких трендів розвитку аквакультури – це необхідність запровадження адаптаційних заходів для зменшення негативного впливу змін клімату та ефективного пристосування до нових умов. Глобальне потепління ми з вами вже спостерігаємо змінює водну флору і фауну, і технологічні процеси в аквакультурі потребують корегування. Зокрема, прогнозоване зменшення об'єму стоку поверхневих вод, що є результатом підвищення температурного режиму, потребує перегляду практик розподілення водних ресурсів серед суб'єктів господарської діяльності, викликані високими температурами зміні в гідробіологічній сфері прогнозовано впливають на якість води у водоймах. Однозначно все це вплине на вітчизняну аквакультуру.

Застосування хлорели у народному господарстві відбувається вже давно і успішно, але в аквакультурі ця водорість може з успіхом застосовуватися в різних якостях, зокрема, як біологічний меліоратор, що очищує рибницькі водойми покращує якість води. Розвиток хлорели у водоймі пригнічує розвиток синьо-зелених водоростей, особливо в умовах підвищеної температури води, і це зберігає необхідний для вирощування гідробіонтів кисень у воді та забезпечує її належну кислотність. І це не єдина якість хлорели – дослідження в цьому плані продовжуються.

Для зменшення негативного впливу від наслідків глобального потепління найкраще застосовувати місцеві органічні компоненти – вони найкраще співіснують з екосистемою. Природне середовище за таких обставин не зазнає глибокого впливу, що відповідає принципу сталості та екологічності. Таким чином, запровадження хлорели в аквакультурі для очищення рибницьких ставків від синьо-зелених водоростей влітку є ефективним та таким, що відповідає цілям

сталого розвитку. Крім того, така практика може розглядатися і бути рекомендована аквакультури, як адаптаційна практика щодо збереження якості поверхневих вод в умовах глобального потепління.

Ключові слова: хлорела, мікроводорості, синьо-зелені водорості, біомеліорація, аквакультура, гідробіонти, вища водна рослинність.

Актуальність поставленої задачі. Засади сталості та дбайливого ставлення до навколишнього природного середовища останнім часом широко впроваджуються у різних галузях вітчизняної економіки, в тому числі в рибництві. Тому розвиток цієї галузі напряму залежать від використання органічних методів та технологій. Сучасний розвиток вітчизняного рибництва відповідає стратегічним цілям і завданням, які сьогодні стоять перед агропромисловою галуззю України в частині забезпечення продовольчої безпеки та формування конкурентоспроможного сільськогосподарського виробництва. Вітчизняне рибництво має достатній потенціал для збільшення як обсягів виробництва, підвищення рівня внутрішнього споживання населенням рибної продукції, розвитку експортних можливостей галузі. Аквакультура як один із напрямків рибництва є досить перспективною та економічно вигідною сферою розвитку агробізнесу для малих та середніх фермерських господарств, представляє інтерес для інвесторів. Так, за даними проведених досліджень аграрного ринку розвиток рибництва впродовж 2014-2018 рр. супроводжувався загалом тенденціями коливання обсягів добування водних біоресурсів та їх стійким нарощуванням безпосередньо у внутрішніх водних об’єктах [1].

Важливо, щоб органічні, природо-зберігаючі технології, які мають змінювати сучасні високоефективні практики, превалювали в технологічних процесах аквакультури. Запровадження органічних практик суб’єктами аквакультури має бути фінансово обґрунтованим, адже продукція повинна бути конкурентною.

Раціональне використання природних ресурсів та створення ощадливих біотехнологій є пріоритетом розвитку цивілізованих країн світу. Однією з таких практик може стати застосування в аквакультурі надзвичайно корисного представника флори – зелених водоростей.

Аналіз останніх досліджень. Одним з представником роду одноклітинних зелених водоростей, які відносяться до відділу *Chlorophyta,* є хлорела. Клітина хлорели має кулясту форму. Різні види хлорели поширені в прісних і солоних водоймах, на зволожених ділянках суходолу (вологий ґрунт, кора дерев). Клітина хлорели не має джгутиків і тому нерухома. У неї також немає вічка. Клітину оточує щільна клітинна оболонка. Хлорела має одне ядро (рис. 1).

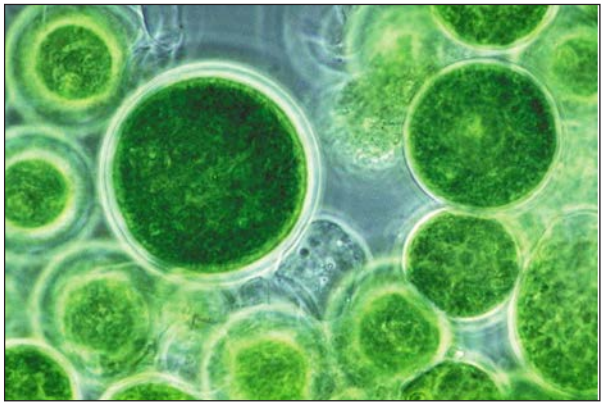


Рис. 1. **Хлорела – рід одноклітинних зелених водоростей, відділ *Chlorophyta***

Її хлоропласт зазвичай чашоподібної форми. Живиться хлорела лише завдяки фотосинтезу [2]. Газообмін відбувається через поверхню клітини. Розмножується водорість нестатевим способом нерухомими спорами. Внаслідок поділу вмісту материнської клітини їх утворюється до 8. Спори звільняються через розриви оболонки материнської клітини. За несприятливих умов оболонка клітини хлорели може потовщуватись, у цитоплазмі накопичується багато олії і запасного крохмалю. У такому неактивному стані хлорела може перебувати тривалий час. Завдяки потужній клітинної стінки водорість може пережити багатьох мешканців фауни і флори. При великому скупченні хлорела робить рідину насичено зеленого кольору (рис. 2). Найпоширенішою є *Chlorella vulgaris*. За даними фахівців, їй близько 2-х мільярдів років.

Рис. 2. **Вирощування хлорели в лабораторних умовах**

Останнім часом раціональне використання водних організмів в аквакультурі вітчизняними фахівцями в рибництва розглядається як один із пріоритетних напрямів розвитку галузі. Досвід використання мікроводоростей налічує декілька тисячоліть, але практичні способи одержання біомаси відомі не так давно. Базові методи культивування мікроводоростей, що розробені вченими низки країн світу, в тому числі США, Радянського Союзу, покладені в основу сучасних технологій, що використовуються в аквакультурі [3, 4]. Аналізуючи світовий та вітчизняний досвід, фахівці відзначають, що зелені одноклітинні мікроводорості містять унікальний комплекс біологічно активних компонентів.

Зелена водорість хлорела володіє здатністю інтенсивно виробляти кисень, через що вона є невід'ємною частиною життя на підводному човні або космічному кораблі. Так, на Дніпропетровщині роботи велися в лабораторії космічної гідробіології.

Хлорела використовується в якості біологічно активної добавки, так як містить мікро- і макроелементи. В медицині та косметології водорість використовується через значний вміст хлорофілу. За поживністю вона перевершує пшеницю і знаходиться майже на одному місці з м'ясом, тому активно використовується в системі дотриманні здорового способу життя.

Постановка завдання. Висока продуктивність зелених одноклітинних мікроводоростей щодо рівня енергетичного обміну, який пропорційний площі поверхні організмів, високий рівень мінерального обміну порівняно з вищими рослинами, інші особливості водоростей визначають найбільш перспективні галузі їх використання.

Хлорела – органічний високоефективний природний біостимулятор росту рослин, що прискорює коренеутворення, ріст, розвиток і цвітіння.

Для тваринництва та птахівництва хлорела є альтернативним джерелом білка, вітамінів та амінокислот. Вона містить 40–55% білка і перевищує за цим показником навіть люцерну. В перерахунку на 1 га, водорості дають 20-30 т чистого білка, а люцерна – 2-3,5 т.

Хлорела підвищує захисні властивості рослин, антистресову стійкість при несприятливих зовнішніх впливах, включаючи посуху, акліматизацію, пересадку.

Очищення стічних вод. Сільськогосподарський стік забруднений, як правило, лише біогенами, що робить його ідеальним живильним середовищем для зелених мікроводоростей, які дуже ефективно усувають забруднення із води. Тому, у рибництві хлорелу використовують для очищення ставків та збагачення води киснем. Це актуально в період спеки, коли рівень кисню у воді різко знижується і риба гине.

Результати досліджень та їх обговорення. Із середини XX сторіччя хлорелу використовують для очищення води та поновлення складу повітря на космічних станціях і підводних човнах. Виявилося, що ця водо-

рість багата на різні вітаміни та необхідні для організму людини хімічні елементи (фосфор, кальцій, калій, магній, залізо, мідь, сірка, йод). За вмістом цих елементів вона перевищує всі відомі культурні рослини.

Клітини хлорели містять хлорофілу більше, ніж клітини будь-яких інших рослин. Хлорофіл добре відомий своїми антибактеріальними властивостями, стимулює процеси кровотворення, роботу серцево-судинної, травної систем. Речовини, які входять до складу клітинної стінки хлорели, сприяють виведенню з організму людини отруйних речовин: агрохімікатів, важких металів, захищають від небезпечного впливу радіації. Хлорела стимулює імунну систему людини. Тому хлорелу використовують для виробництва різноманітних препаратів та вітамінів.

Крім того, суспензія хлорели являється органічним, екологічно безпечним добривом (рис. 3), до складу якого входять елементи у збалансованому стані, – вітаміни (A, B_1, B_2, B_5, B_6, B_9, B_{12}, C, D, E, K, PP); мінерали та мікроелементи (Ca, N, P, Mg, K, Cu, Fe, S, Zn, Co, Mn, Zr, Rb, I); рослинний білок високої якості, який переважає всі відомі рослинні білки за кількістю амінокислот (більше 40), у тому числі 20 основних альфа-амінокислот, що беруть участь у всіх життєвих процесах (глютаминова кислота, аспаргінова кислота, лейцин, алінін, валін, глицин, тренин).

Рис. 3. **Внесення суспензії хлорели у водойми**

Культуральне середовище хлорели містить широку кількість фізіологічно активних речовин, серед яких: регулятори росту та розвитку (ауксини і гиббереліни, фенольні сполуки, природні стероїди, вітаміни, амінокислоти); активатори клітинного ділення (цитокініни); природний антибіотик «хлорелин», що знищує патогенну мікрофлору (рис. 4).

Численні дослідження, в тому числі авторів статті, виявили широкий спектр позитивних ефектів від застосування суспензії мікроводоростей у рослинництві. Під дією обробок стимулюється стійкість до біотичного та абіотичного стресу, коренеутворення, поліпшується цвітіння, плодо-

Рис. 4. **Культуральне середовище хлорели містить велику кількість фізіологічно активних речовин**

ношення та якість продукції, термін зберігання та транспортабельність плодів, що в цілому позначається на підвищенні врожайності.

Завдяки особливим властивостям хлорела широко використовується в медицині. Форми використання хлорели у вигляді суспензій, порошку та таблеток, але найбільш широко використовується суспензія, яка містить живі клітини мікроорганізму і весь спектр водорозчинних метаболітів.

Всі форми використовуються в різних сферах, включаючи:

• гастроентерологію – для поліпшення травлення;

• стоматологію – для зняття запалення на м'яких яснах, зміцнення кісткової тканини;

• отоларингологію – знижує частоту астматичних і алергічних нападів;

• біотехнологію – для стимуляції росту тварин і птахів, з метою попередження цвітіння води у водосховищах;

• онкологію – перешкоди для регенерації ракових клітин;

• кардіології – для зміцнення судинних стінок, нормалізації тиску, запобігання утворення тромбів;

• імунологію – для боротьби з вірусними та інфекційними захворюваннями;

• косметологію – для поліпшення здоров'я шкіри, продовження її молодості, насичення киснем;

• дієтологію – для виведення токсинів і боротьби із зайвою вагою.

Водорість є частиною різних систем годівлі і напування тварин, використовується при виробництві гранульованих комбікормів для кролів, птахів, собак і кішок. Завдяки здатності активно виробляти кисень, мікроорганізми застосовуються для виробництва кисню в замкнених екосистемах. Хлорела є ефективним органічним засобом боротьби з синьо-зеленими водоростями, що спрямований на поліпшення якості водного середовища, що є актуальним у рибництві, а саме в аквакультурі.

Аналіз структури добування водних біоресурсів за рибальськими регіонами промислу, показав, що у 2018 році найбільшу питому вагу

займали внутрішні водні об’єкти – 54,3% і досить вагоме місце належало аквакультурі – 15,7%. На думку експертів з економічних питань, аквакультура останніми роками стала одним із важливих та досить помітних трендів розвитку вітчизняного рибництва [1].

Аквакультура – один із динамічних та рентабельних видів рибництва, що має низький бар’єр для входження у цей напрям агробізнесу та гарантує швидке повернення вкладених інвестицій і достатньо високий прибуток.

В аквакультурі зелені мікроводорості можуть використовуватися з різними цілями.

Прикладом ефективної біомеліорації водойм є комплекс робіт, що включає в себе зариблення водних об’єктів рослиноїдними видами риб (наприклад, білий товстолобик) та вселення у водойму хлорели. Цей спосіб покращує якість води, насищає воду киснем, пригнічує розвиток синьо-зелених водоростей і сприяє стабілізації екосистеми. Як показує практика, біомеліорація із застосування хлорели є одним з найдешевших дієвих методів очищення водойм від надмірної рослинності [5]. Пошук ефективних рішень змушує орендарів водних об'єктів її застосовувати хлорелу для створення оптимальних умов та швидкого зростання товарної риби. Хлорела також є гарною кормовою базою для коропа, товстолобиків, білого амура та раків [6].

Сучасний екологічний стан природних водойм України, вплив на них багаторічного скиду частково очищених скидних вод поступово призводить до екологічної катастрофи. На початку XXI сторіччя екологічна ситуація, в якій опинилися водойми України, викликає серйозну занепокоєність. Однією з основних проблем є біологічне забруднення вод природних водоймищ патогенними та умовно-патогенними мікроорганізмами, яке відбувається в результаті надходження в них стічних вод з прибережних населених пунктів, промислових вод, багатих на органічні сполуки з поживними речовинами для мікроорганізмів. У процесі евтрофікації надлишок поживних речовин у водоймах викликає надмірне розмноження водоростей. Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів, масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого кисню на заключному етапі вегетації – при масовому відмиранні водоростей.

«Цвітіння» води це гідробіологічний процес, зумовлений евтрофікацією. Найбільше значення в розвитку фітопланктону до рівня «цвітіння» води мають синьо-зелені водорості. Забруднення водойм внаслідок розкладання великих накопичень маси водоростей характеризується як біологічне самозабруднення. Період домінування синьо-зелених водоростей

пов'язаний із пригніченням усіх інших компонентів фітопланктону внаслідок затемнення, перехоплення біогенних елементів і впливу токсичних виділень на інші планктонні види. Під час «цвітіння» води у водоймах поряд з продуктами розкладання синьо-зелених водоростей відбувається активний розвиток патогенних бактерій, що призводить до посилення загальної токсичності водного середовища та загострення епідеміологічної ситуації у водоймі.

Вирішення проблеми збереження та відновлення природних ресурсів України можливе шляхом розробки і подальшої реалізації науково обґрунтованих планів водного та екологічного менеджменту із застосуванням біологічних способів боротьби зі шкідливими видами, в яких застосовують інші організми, що є їхніми природними ворогами. Ці способи повинні враховувати не тільки сучасні умови формування гідроекологічного режиму природних водойм, але й їх зміни, що очікуються внаслідок впливу антропогенної діяльності та впливу кліматичних чинників.

«Цвітіння» води може бути спричинене масовим розмноженням водоростей та ціанобактерій. Для боротьби із «цвітінням» води було надано рекомендацію застосовувати біологічний спосіб боротьби (рішення Всеукраїнської науково-практичної конференції «*Річки та лимани Причорномор'я на початку XXI сторіччя*», Одеський державний екологічний університет, 17-18.10.2019 р.).

Використання хлорели з метою очищення води започатковано ще в середині XX сторіччя. На сучасному етапі інноваційним підходом, який значно дозволяє знизити рівень забруднення водойм та покращити органолептичні властивості води, є біоремедіація водойм суспензією хлорели, яка основана на альголізації водойм планктонними штамами зеленої мікроводорості *Chlorella vulgaris*. Технологія заснована на біологічних властивостях живої планктонної хлорели пригнічувати дію синьо-зелених водоростей (ціанобактерій). Хлорела проявляє природну конкуренцію та здатна впливати на витіснення синьо-зелених водоростей з водойм, а також ліквідує наслідки «цвітіння»: очищує воду, насичує її киснем, відновлює популяцію фіто- та зоопланктону. Таким чином, забезпечує рибу природною кормовою базою та в цілому підвищує імунітет рибного стада.

Важливу роль у самоочищенні водного середовища відіграють водорості та вищі водні рослини. Очищуючи водне середовище від біогенних елементів (N і P), водні рослини ще й стримують «цвітіння» води синьо-зеленими водоростями. Перспективним напрямком зниження евтрофікації вод і захисту їх від забруднення може бути фітомеліорація, тобто культивування вищої водної рослинності в прибережних зонах для затримки біогенних елементів, що надходять із полів, тваринницьких ферм і населених пунктів. Однією з численних екологічних проблем сучасної цивілізації

є утилізація промислових, господарсько-побутових стоків, рідких стоків ставків тваринницьких і птахівничих комплексів, міських водойм, озер, малих річок, ставків в зонах відпочинку.

Альголізація водойм хлорелою вже кілька років поспіль з успіхом використовується такими вітчизняними рибоводними господарствами, як Візірский ставок № 2 КП «Візірське джерело», Рекреаційний комплекс «Три Карасі».

Штам мікроорганізму має здатність «вільного» і рівномірного розподілу в середовищі. Потрапляючи у водойму, планктонна Хлорела не осідає на дно і не прилипає до вищої рослинності, а знаходиться і розвивається у верхньому (до 40–100 сантиметрів) шарі води, інтенсивно фото синтезується та ділиться. Це пов'язано з високою швидкістю поділу клітин. За кілька днів хлорела стає домінуючою мікроводорістю в зазначеному шарі води, насичуючи його киснем і видаляючи з нього надлишки вуглекислого газу, органічних і неорганічних речовин. При цьому знищується вся патогенна мікрофлора.

Оскільки хлорела є найкращим кормом для зоопланктону, то чисельність його у водоймі збільшується в рази. Метод внесення до водойми зеленої водорості хлорели крім вирішення основного поставленого завдання – ліквідація «цвітіння» синьо-зелених водоростей, забезпечує значне поліпшення якості води за концентрацією хімічних елементів; істотне зниження бактеріального обсіменіння води патогенною мікрофлорою; збільшення кількості розчиненого кисню у воді до норми протягом всього вегетативного періоду; збільшення кормових ресурсів фауни водойм; відмова від застосування вапнування рибоводних ставків і інших способів пригнічення фіто- і зоопланктону.

У результаті біологічної меліорації забруднених водойм і стічних вод поліпшуються гідробіологічні умови, створюються сприятливі умови для проживання риб. Використання штаму *Chlorella vulgaris* BIN з закладеними в ньому принципово новими можливостями біологічної реабілітації забруднених водойм і стічних вод дозволяє змінити екологічну обстановку і створити надійну систему оздоровлення навколишнього середовища.

Впроваджені штами хлорели, на відміну від аборигенних, постійно присутніх в кожній водоймі, володіють добре вираженими планктонними властивостями і пригнічують розвиток синьо-зелених водоростей, тим самим запобігаючи «цвітіння» води.

Хлорела – це унікальна водорість, харчова добавка, яка вже давно створила серйозну конкуренцію спіруліні і навіть перевершує її за деякими показниками. Хлорелу є ідеальним інгредієнтом для підгодівлі рослиноїдних акваріумних риб. Вже існує велика кількість застосувань хлорели в акваріумістиці, серед яких годування риб і ракоподібних, очищення водойм, підгодівля для рослин і багато іншого.

Є велика кількість причин звернути увагу на цей унікальний продукт. Так як хлорела є природним антибіотиком, вона має лікувально-профілактичну дію з бактеріальними, інфекційними та іншими захворюваннями у риб, сприяє швидкому загоєнню ран і повному відновленню організму і шкіри після хвороб.

Як продукт суспензія хлорели поставляється в рідкому вигляді, транспортується і зберігається в каністрах для харчової продукції ємністю, зручною для використання споживачем. Увесь період з моменту отримання суспензії від виробника до її споживання, хлорелу не можна заморожувати. Зберігатися каністри з суспензією хлорели повинні в приміщеннях з температурою не нижче 5°С. Придатність хлорели для підживлення рослин становить 90 днів. Однак після 14 днів з моменту її відвантаження ефективність починає знижуватися, може з'явитись осад, тому продукт необхідно збовтати перед використанням.

Рис. 5. **Ємності з хлорелою придатною для споживання**

Природу бізнесу на водоростях легко пояснити. Ми завжди намагалися брати необхідні речовини через риб'ячий жир. Це продукція з великих риб, їх важко дістати, дорого. Але хижаки їдять дрібнішу рибу, а вона харчується водоростями. Хіба не логічніше звернутися до початку ланцюга? Ось і перспективність.

Користь водоростей та способи застосування досліджувались Самвелом Мкртчяном, керівником першої в Україні науково-виробничої компанії «Algalive», яка спеціалізується на культивуванні живих мікроводоростей, таких як хлорела. У селі Мирне (17 км від м. Одеси) знаходиться незвичайна водоростева ферма, на якій з 2015 року вирощують одноклітинну зелену водорість хлорелу. Крім того, багато років тому Самвелом Мкртчяном було створено Фермерське господарство «У Самвела» (рис. 6).

Самвел Мкртчян знайшов альтернативу традиційних методів виробництва сільгосппродукції – у вигляді найвідомішої одноклітинної водорості. Все геніальне просте!

За словами пана Самвела, це справжня вітамінна бомба, джерело поживних речовин, незамінних амінокислот з практично чудодійними властивостями. Девізом фермера є гасло «Більше органічних продуктів – здоровіша нація!». Досвід підприємця є чудовим прикладом розвитку органічного виробництва в Україні, що засноване на принципах сталості, ресурсоощадності, екологізації виробництва.

Рис. 6. **Самвел Мкртчян – засновник фермерського господарства «У Самвела»**

У ФГ «У Самвела» займаються культивуванням мікроводорості штаму *Chlorella vulgaris* ІФР № С-111 (марка А, ТУ У 03.0-37613791-001:2017) та *Chlorella vulgaris* BIN. За органолептичними, фізико-хімічними показниками та токсичністю суспензія хлорели повинна відповідати вимогам технічних умов ТУ У 03.0-37613791-001:2017, які пройшли обов'язкову державну санітарно-епідеміологічну експертизу в Інституті медицини праці ім. Ю.І.Кундієва Національної академії медичних наук України [7–9].

Якість та безпеку продукції з метою використання її в органічному сільському господарстві згідно зі Стандартом Міжнародних Акредитованих Органів Сертифікації з органічного виробництва і переробки, що еквівалентний регламентом Європейського Союзу №834/2007 та 889/2008 підтверджено органом з органічної сертифікації ТОВ «Органік стандарт» [10].

Харчові добавки з хлорели використовуються фермерським господарством «У Самвела» в кулінарії (випічка хліба), приготуванні м'яса, птиці, риби, супів та інших страв у власних ресторанах міста Одеси «Арарат» та «У Самвела». Тобто весь шлях «Від лану до ресторану!» пан Самвел турбується про якість продукції!

Підтвердженням унікальності та користі хлорели культивованої Фермерським господарством «У Самвела» стали звіти наукових досліджень, сертифікати, висновки, а також результати впровадження у власне виробництво, застосування у сільському господарстві, в тому числі аквакультурі [11].

Висновки та пропозиції. Раціональне використання природних ресурсів та створення ощадливих біотехнологій є пріоритетом розвитку цивілізованих країн світу. Однією з таких практик може стати застосування в аквакультурі зелених мікроводоростей.

Хлорела проявляє природну конкуренцію в водоймі та здатна впливати на витіснення синьо-зелених водоростей, а також ліквідує наслідки «цвітіння»: очищує воду, насичує її киснем, відновлює популяцію фіто- та зоопланктону.

Запровадження хлорели в аквакультурі для очищення рибницьких ставків від синьо-зелених водоростей влітку є ефективним та таким, що відповідає цілям сталого розвитку. Крім того, така практика може розглядатися і бути рекомендована, як адаптаційна практика щодо збереження якості поверхневих вод в умовах глобального потепління.

THE USAGE OF ALGAE OF THE SPECIES *CHLOROPHYTA* AS A BIOLOGICAL METHOD OF WATER TREATMENT

[1]***Sharylo Yu.Ye.***– *director,*
[1]***Derenko O.O.*** – *leading specialist*
[2]***Dyudyaeva O.A.*** – *Senior Lecturer, Certified Export Consultant,*
[1]*Budgetary institution "Methodical and technological center for aquaculture"*
[2]*Kherson State Agrarian University,*
egts@ukr.net, dyudyaeva.olga@gmail.com

Globalization processes demand more and more flexibility and efficiency from the modern economy. Current trends in aquaculture are the active introduction of sustainable practices, interaction with other areas of the economy, energy saving and state-of-the art biotechnology. Obviously, the implementation of all these components should be coherent, because there is a lack of uniform approaches to elaborate of the sustainable development plans for certain area. Social sphere coherent development of economic, environment and social pillars requires thorough scientific research. And for

the sustainable development of aquaculture it is necessary to involve natural components that will harmoniously affect the ecosystem in the process of aquaculture.

In addition, one of such trends in the development of aquaculture is the need to introduce adaptation measures to reduce the negative impact of climate change and effective adaptation to new conditions. Global warming we are already seeing shifts aquatic flora and fauna, and technological processes in aquaculture need to be adjusted, In particular, the projected reduction in surface water runoff as a result of rising temperatures requires a review of water distribution practices among economic entities, caused by high temperatures, changes in the in natural conditions which in reservoirs. Undoubtedly, all these matters changes will affect aquaculture.

The use of Chlorella spp.in the national economy has been going on for a long time and successfully but in aquaculture, this alga can be successfully used in various capacities, in particular, as a facilitates that cleaning of fish ponds and improves water quality. The development of Chlorella spp. in the reservoirs inhibits the development of Cyanobacteria, especially in conditions of elevated water temperature, and this saves the oxygen necessary for the cultivation of aquatic organisms in the water and ensures its proper acidity. And this is not the only quality of Chlorella spp - research in this regard continues.

To reduce the negative effects of global warming, it is to use local natural components - they better. The natural environment in such circumstances is not deeply affected, which corresponds to the principle of sustainability and environmental friendliness. Thus, the introduction of Chlorella in aquaculture to clean fish ponds from algae in the summer is effective and in line with sustainable development goals. In addition, this practice can be considered and recommended to aquaculture as an adaptive practice for maintaining surface water quality in the context of global warming.

Keywords: chlorella, microalgae, algae, bio-amelioration, aquaculture, aquatic organisms, higher aquatic vegetation.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кернасюк Ю. Рибництво: стан і перспективи розвитку. *Економічний гектар*. 19.06.2019 р. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/ item/14164-rybnytstvo-stan-i-perspektyvy-rozvytku.html
2. Шарило Ю., Деренько О. Хлорела – органічний метод очищення рибогосподарських водойм. Сайт Управління Державного агентства рибного господарства у м. Києві та Київській області. 17.01.2020. URL: https://kv.darg.gov.ua/_hlorela_organichnij_metod_0_0_0_1099_1.html
3. Онищенко О.М., Дворецький А.І. Мікроводорості як віновлювалний біологічний ресурс для потреб сільського господарства. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. Біологічні науки. 2013. № 2 (32). С. 48–50.
4. Боднар О.І. Біотехнологічні перспективи використання мікроводоростей: основні напрями (огляд). *Наукові записки Тернопільського національного пед. університету.* Серія: Біологія. 2017. № 1 (68). С. 138–146.
5. Мелиорация водоемов. *Мегалодон*. Інформаційно-аналітична платформа розвитку рибного господарства. 11.03.2020. URL: http://fishindustry.com.ua/ melioraciya-vodoyomov/

6. Кононенко Р.В., Шевченко П.Г., Кондратюк В.М., Кононенко І.С. Інтенсивні технології в аквакультурі: навчальний посібник. К. : «Центр учбової літератури», 2016. 410 с.
7. Суспензія хлорели. Технічні умови. ТУ У 03.0-37613791-001:2017. Дата надання чинності з 24.04.2017 р. Чинні до 24.04.2027 р.
8. Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи на ТУ У 20.4-376113791-002:2018. Протокол експертизи № 25693 від 26.10.2018. Державна установа «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва» Національної академії медичних наук України.
9. Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи ТУ У 20.4-376113791-003:2018. Протокол експертизи № 1201 від 30.07.2018. Державна установа «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва» Національної академії медичних наук України.
10. Орган сертифікації ТОВ «Органік стандарт». Підтвердження № 18-1088-01. Щодо придатності для використання в органічному сільському господарстві згідно зі Стандартом Міжнародних Акредитованих Органів Сертифікації з органічного виробництва і переробки, що еквівалентний регламентом Європейського Союзу № 834/2007 та 889/2008.
11. Звіт про «Дослідження впливу хлорели на шкіру при прийманні ванн» згідно договору № 6/19 від 11.02.2019 р. Одеської національної академії харчових технології (ОНАХТ) Міністерства освіти і науки України.

REFERENCES

1. Kernasjuk Ju. (2019). *Rybnyctvo: stan i perspektyvy rozvytku* [The fisheries: state and prospects of development]. *Ekonomichnyj gektar*. 19.06.2019. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/14164-rybnytstvo-stan-i-perspektyvy-rozvytku.html [in Ukrainian].
2. Sharylo Ju., Deren'ko O. (2020). *Hlorela – organichnyj metod ochyshhennja rybogospodars'kyh vodojm* [Chlorella is an organic method of cleaning fish ponds]. Sajt Upravlinnja Derzhavnogo agentstva rybnogo gospodarstva u m. Kyjevi ta Kyi'vs'kij oblasti. 17.01.2020. URL: https://kv.darg.gov.ua/_hlorela_ organichnij_metod_0_0_0_1099_1.html [in Ukrainian].
3. Onyshhenko O.M., Dvorec'kyj A.I. (2013). *Mikrovodorosti jak vinovljuvalnyj biologichnyj resurs dlja potreb sil's'kogo gospodarstva* [Microalgae as a renewable biological resource for the agriculture needs]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo derzhavnogo agrarnogo universytetu.* Biologichni nauky. no. 2 (32). pp. 48–50. [in Ukrainian].
4. Bodnar O.I. (2017). Biotehnologichni perspektyvy vykorystannja mikrovodorostej: osnovni naprjamy (ogljad) [Biotechnological prospect applying of microalgae: main trends (review)]. *Naukovi zapysky*

Ternopil's'kogo nacional'nogo ped. universytetu. Serija: Biologija. no.1 (68). pp. 138–146. [in Ukrainian].
5. Melyoracyja vodoemov. (2020). *Megalodon*. Informacijno-analitychna platforma rozvytku rybnogo gospodarstva. 11.03.2020. URL: http://fishindustry.com.ua/ melioraciya-vodoyomov/ [in Russian].
6. Kononenko R.V., Shevchenko P.G., Kondratjuk V.M., Kononenko I.S. (2016). *Intensyvni tehnologii' v akvakul'turi* [Intensive technologies in aquaculture]. Kyiv : «Centr uchbovoi' literatury». [in Ukrainian].
7. *Chlorella suspension. Specifications*. (2017). TU U 03.0-37613791-001: 2017. From 24.04.2017. Valid until 24.04.2027. [in Ukrainian].
8. The conclusion of the state sanitary-epidemiological examination on TU U 20.4-376113791-002: 2018. Examination protocol № 25693 dated 26.10.2018. State Institution «Institute of Occupational Medicine Yu.I. Kundieva», National Academy of Medical Sciences of Ukraine. [in Ukrainian].
9. The conclusion of the state sanitary-epidemiological examination of TU U 20.4-376113791-003: 2018. Examination protocol № 2011201 dated 30.07.2018. State Institution «Institute of Occupational Medicine Yu.I. Kundieva», National Academy of Medical Sciences of Ukraine. [in Ukrainian].
10. Confirmation № 18-1088-01, approved by Organic Standard LLC for use in organic agriculture in accordance with the Standard of International Accredited Certification Bodies for Organic Production and Processing, which is equivalent to the European Union Regulations № 834 / 2007 and 889/2008.
11. Research of the effect of chlorella on the skin when taking baths. Report according to the contract № 6/19 dated 11.02.2019. Odessa National Academy of Food Technologies (ONAFT), Ministry of Education and Science of Ukraine. [in Ukrainian].

МЕТОДИ І МЕТОДИКИ

УДК 543.3: 556.5
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.9

КОМПЛЕКСОНОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТВЕРДОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Біла Т.А. *– к.с.-г.н., доцент,*
Ляшенко Є.В. *– к.х.н., доцент,*
Охріменко О.В. *– к.т.н, доцент,*
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»,
kaf.chemistry@ukr.net

Твердість природної води – одна із найважливіших властивостей, що має велике значення при водокористуванні. Джерелом загальної твердості є гірські породи вапняків, доломітів, які при контакті з водою розчиняються. Антропогенне джерело солей кальцію та магнію – стічні води підприємств. З усіх солей, що обумовлюють твердість води, виділяють гідрокарбонати, сульфати і хлориди. При цьому гідрокарбонати кальцію і магнію зумовлюють тимчасову твердість води, а їх сульфати і хлориди – постійну твердість.

Твердість води вище 6 ммоль/л згубно впливає на процеси життєдіяльності у водоймах. Дуже м'яка вода теж є небажаною для риборозведення. У водоймах із м'якою водою дія отруйних неорганічних сполук проявляється при нижчих концентраціях, ніж у водоймах із твердою водою. Оптимальні показники твердості води для коропових 1,8–4,3 ммоль/л, для форелевих господарств 3–5 ммоль/л. Концентрація йонів кальцію – до 70 мг/л, магнію – до 30 мг/л. Недостатня кількість солей кальцію і магнію у природних водах погіршує умови розвитку риб і кормової бази.

До якості води рибогосподарського водокористування пред'являються суворі вимоги. Визначення твердості природних вод є актуальним для риборозведення. Саме тому в ХДАУ широко використовується концепція компетентнісно-орієнтованого навчання, що дозволяє поєднувати навчання практично важливим навичкам рибоводів і одночасно формувати мотивацію до навчання за допомогою експериментальної навчально-дослідницької роботи.

У статті розглянуто виконання студентами проекту з оцінки твердості поверхневих вод Херсонської області. У ході дослідження визначено загальну, тимчасову, постійну твердість, а також вміст йонів Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-. Показано, що в такій самостійній роботі студенти отримують експериментальні навички, які знадобляться їм у подальшій професійній діяльності, одночасно підвищуючи рівень засвоєння навчального матеріалу і інтересу до нього. Оволодіння методиками визначення твердості води дозволить студентам у подальшому оцінювати якість води, її придатність для риборозведення.

Ключові слова: твердість води, Кальцій, Магній, кількісний аналіз, комплексонометрія.

Постановка проблеми. Твердість природної води – одна із найважливіших властивостей, що має велике значення при водокористуванні. Джерелом загальної твердості є гірські породи вапняків, доломітів, які при контакті з водою розчиняються. Антропогенне джерело солей кальцію та магнію – стічні води підприємств.

Твердість води зумовлена наявністю йонів кальцію (Ca^{2+}) і йонів магнію (Mg^{2+}). Але всі катіони, що мають валентність два, теж впливають на твердість. Вони вступають у хімічну реакцію взаємодії з аніонами, утворюючи осади. Одновалентні катіони не проявляють такої властивості.

Йони магнію зустрічаються майже у всіх природних водах і поступаються тільки натрію по загальному вмісту. Але природні води з домінуючим вмістом йонів магнію зустрічаються як правило, дуже рідко- у слабко мінералізованих водах переважають йони кальцію, а у сильно мінералізованих – йони натрію.

Оскільки Кальцій є основним катіоном слабко мінералізованих вод, зі збільшенням мінералізації його кількість швидко зменшується, що пояснюється обмеженою розчинністю кальцій карбонату і кальцій сульфату. У живих організмах на частку кальцію припадає близько 1,5% від їх маси. Кальцій входить до складу кісток риб і впливає на клітинну проникність, формує скелет тваринних організмів, послаблює дію токсичних речовин, які проникають всередину клітини. Нестача кальцію призводить до зниження згортання крові, міцності кісток.

Магній входить до складу хлорофілу водних рослин, приймає участь у багатьох біохімічних процесах. Дисбаланс магнію призводить до захворювання рослин і тварин.

У гідрохімічній практиці сумарну концентрацію йонів кальцію та магнію називають загальною твердістю води. При цьому гідрокарбонати кальцію і магнію зумовлюють тимчасову твердість води, а їх сульфати і хлориди – постійну твердість. У залежності від величини твердості розрізняють типи води:

дуже м’яка – до 1,5 ммоль/л
м‘яка – 1,5 – 3,0 ммоль/л
помірно тверда – 3,0 – 6,0 ммоль/л
тверда – 6,0 – 9,0 ммоль/л
дуже тверда – 9,0 ммоль/л.

У природних водах твердість води сильно коливається: болотні води мають твердість 0,5–0,8 ммоль/л, а ґрунтові 8–35 ммоль/л.

Твердість води вище 6 ммоль/л згубно впливає на процеси життєдіяльності у водоймах. Оптимальні показники твердості води для коропових 1,8–4,3 ммоль/л (допустимо до 10 ммоль/л), для форелевих господарств 3–5 ммоль/л (допустимо до 7 ммоль/л) [1, с. 29-30].

Дуже м'яка вода є небажаною для риборозведення, тому що при накопиченні вуглекислого газу сильно знижується pH води. Вода помірної твердості менше змінюється під дією промислових викидів з кислою і лужною реакцією.

У водоймах із м'якою водою (до 20 мг/л $CaCO_3$) дія отруйних неорганічних сполук проявляється при нижчих концентраціях, ніж у водоймах із твердою водою (кадмій хлориду – при 0,6 мг/л і 73,5 мг/л; купрум сульфату – 0,02 і 1,8; берилій сульфату 0,14 і 20,3 мг/л).

Недостатня кількість солей кальцію і магнію у природних водах погіршує умови розвитку риб і кормової бази. У таких випадках у стави вносять невелику кількість вапняку і доломіту, рибного борошна.

Набагато важче знизити надмірну жорсткість, перш за все через економічні причини. Як показують дослідження, річкові та озерні води Херсонської області в цілому сприятливі для риборозведення, проте промислові скиди необхідно піддавати знесоленню. Непоганий огляд методів зниження вмісту солей у воді [2].

Отже, до якості води рибогосподарського водокористування пред'являються суворі вимоги. Тому визначення твердості природних вод є актуальним для риборозведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз методів визначення твердості води показує, що найпоширенішими є комплексонометричний метод, фотометричний метод, метод атомної спектрометрії, кондуктометричний метод.

Комплексонометричний метод. Він є найпоширенішим при визначенні загальної твердості. Метод ґрунтується на утворенні хелатної комплексної сполуки трилону Б з іонами кальцію і магнію. Визначення здійснюються титруванням проби трилоном Б при pH 10 у присутності індикатора. Нижня межа твердості води, яку можна визначити цим методом, – 0,1 ммоль-екв/л.

Наявність у воді міді, цинку, марганцю, високий вміст карбонатних і гідрокарбонатних солей, а також кольоровість та підвищена каламутність води при титруванні викликають нечітку зміну забарвлення в точці еквівалентності, що призводить до завищення результатів визначення твердості. Для усунення впливу таких речовин необхідні додаткові вимірювання.

Основним недоліком цього методу є його трудомісткість, адже комплексонометричний метод вимагає великої кількості матеріалів та реактивів, а також необхідність повторювати випробування декілька разів. Точність вимірювання таким методом також невисока – 2%. Кількісно концентрацію досліджуваної речовини в фотометрії визначають методами стандартних розчинів, добавок і градуйованого графіка.

Кондуктометричний метод визначення твердості води. Основними його перевагами є порівняно висока точність та відтворюваність, простота та доступність приладів, оперативність та безперервність контролю твердості води. Традиційно інформативним параметром кондуктометричного методу приймається активний опір чи провідність, а за їхніми змінами визначають вміст солей у воді. При цьому потрібно розуміти, що цей спосіб характеризує загальний солевміст, а не тільки вміст солей кальцію і магнію.

Постановка завдання. Дослідити вміст йонів Mg^{2+}, Ca^{2+}, HCO_3^-, CO_3^{2-} та загальну твердість поверхневих вод.

Об'єкт дослідження – поверхневі води.

Матеріали і методи дослідження. Комплексонометричний метод визначення з візуальною індикацією кінцевої точки титрування.

Метод ґрунтується на взаємодії катіонів кальцію і магнію з трилоном Б в аміачному буферному розчині (pH ≈ 9,5) з утворенням внутрішньо комплексних сполук (за наявності металохромних індикаторів). Чутливість методу 0,001 ммоль-екв/л. Катіони важких металів перешкоджають визначенню, тому їх попередньо осаджують у вигляді малорозчинних сполук чи зв'язують у стійкі комплекси (маскують).

Пробу води не консервують, твердість визначають упродовж 2 діб з часу відбору проби на аналіз. Досліджувана вода має бути прозорою (каламутну воду заздалегідь фільтрують). Титрування проводять за кімнатної температури. Початкове значення pH досліджуваної проби води має бути не менше 4,3, оскільки лише при цьому аміачний буферний розчин забезпечує необхідний pH = 9,5.

10–100 мл досліджуваної води доводять дистильованою водою до 100 мл, додають 5 мл аміачного буферного розчину і 10–15 мг індикатора хромогену чорного ЕТ-00. Пробу повільно титрують трилоном Б, інтенсивно струшуючи, до переходу забарвлення розчину з винно-червоного в яскраво-синій.

Твердість води визначають за формулою:

$$T_{заг.} = \frac{C(^1/_2\, тр.)*V_1*1000}{V_2} \quad \text{ммоль-екв/л.},$$

де V_1 – об'єм розчину трилону Б, мл;

V_2 – об'єм досліджуваної води, мл;

$C\left(\frac{1}{2} тр.\right)$ – молярна концентрація еквіваленту розчину трилону, моль/л.

За цією методикою визначають твердість води від 0,5 до 20,0 ммоль-екв/л за відсутності у воді катіонів купруму, цинку, мангану.

Оскільки карбонатна(тимчасова) твердість води зумовлена йонами HCO_3^-, її визначають титруванням проби води розчином хлоридної або сульфатної кислот. В основі визначення карбонатної твердості води лежить хімічна реакція:

$$HCO_3^- + H_2SO_4 \rightarrow SO_4^{2-} + 2CO_2\uparrow + 2H_2O$$

У конічну колбу місткістю 250 мл відміряють 100 мл досліджуваної води, додають 2–3 краплини метилоранжу і титрують кислотою до слабко рожевого забарвлення. Тимчасову твердість води визначають за формулою:

$$T_{тимч.} = \frac{C(\frac{1}{2}H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4).}{V(води)}$$

Постійну твердість визначають за різницею між постійною і тимчасовою твердістю води.

Концентрацію Кальцію та Магнію визначають комплексометричним титруванням, яке ґрунтується на таких же реакціях, як і визначення загальної твердості води [3, с.180].

Титрування йонів кальцію розчином трилона-Б проводять у присутності мурексиду як металохромного індикатора. Концентрацію магнію розраховують як різницю між загальною твердістю води і вмістом кальцію.

У конічну колбу на 250 мл відбирають піпеткою 50–100 мл природної води, що досліджується. Додають 2–5 мл розчину NaOH з молярною концентрацією еквівалента C(NaOH) = 2 моль/л і на кінчику скальпеля (10–15 мг) індикатора мурексиду. Титрують пробу води трилоном-Б до переходу забарвлення з рожевого у фіолетове.

Обчислюють масову концентрацію йонів кальцію $\rho(Ca^{2+})$ в мг/л за формулою:

$$\rho(Ca^{2+}) = \frac{C(1/2трилона) \times V(трилона) \times 20,04 \times 1000}{V(H_2O)},$$

де C (1/2 трилона) – молярна концентрація еквіваленту трилона Б, моль/л; V(трилона) – об'єм трилона-Б витраченого на титрування проби води, мл; $V(H_2O)$ – об'єм проби води, взятої для аналізу, мл; 20,04 – молярна маса еквівалента йона кальцію, г/моль; $\rho(Ca^{2+})$ – масова концентрація йонів кальцію, мг/л.

Відповідно молярна концентрація еквіваленту йонів Кальцію в ммоль/л розраховується за формулою:

$$C(1/2Ca^{2+}) = \frac{C(1/2трилона) \times V(трилона) \times 1000}{V(H_2O)},$$

де $C(^1/_2\ Ca^{2+})$ – молярна концентрація еквіваленту йонів кальцію, ммоль/л.

Концентрацію йонів магнію обчислюють за формулами:

$$\rho(Mg^{2+}) = 12{,}16*[T–C(^1/_2\ Ca^{2+})];$$
$$C(^1/_2\ Mg^{2+}) = T–C(^1/_2\ Ca^{2+})$$

Результати досліджень. Студенти II курсу факультету рибного господарства та природокористування на лабораторних заняттях з дисципліни «Біогеохімія та гідрохімія» проводили гідрохімічний аналіз різних зразків поверхневих вод. У ході дослідження вони визначали загальну, тимчасову постійну твердість, а також вміст йонів Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. **Гідрохімічний аналіз води**

Назва водойми	$T_{заг.}$ ммоль-екв./ дм^3	$T_{тимч.}$ ммоль-екв./ дм^3	$T_{пост.}$ ммоль-екв./ дм^3	Вміст Ca^{2+}		Вміст Mg^{2+}	
				ммоль-екв./ дм^3	мг/дм^3	ммоль-екв./ дм^3	мг/ дм^3
Дніпро (р-н Лілеї)	4,0	3,8	0,2	2,2	44,1	1,5	70,0
Дніпро (р-н Воєнка)	4,5	4,3	0,2	0,9	18,0	3,6	43,2
Дніпро (Річпорт)	4,1	3,3	0,8	2,6	52,1	1,5	18,24
Дніпро (Бериславськ. р-н.)	6,0	3,9	2,1	1,3	26,05	4,7	57,15
Інгулець	6,8	4,6	2,2	1,0	20,0	5,8	70,5
р.Інгулка (с.Понятовка)	5,5	3,5	2,0	2,4	48,1	3,1	37,7
р. Конка (Гола Пристань)	4,0	3,4	0,6	0,7	14,0	3,3	40,1
р. Кошева (Житлоселище)	5,0	3,5	1,5	2,5	50,1	2,5	30,4
Біле озеро (Білозерка)	3,9	1,4	2,5	2,4	48,1	1,5	18,9

Проведений аналіз проб води свідчить, що досліджена вода має помірну твердість. Вміст йонів кальцію не перевищує нормативні значення – до 70 мг/дм^3, а вміст магнію в деяких пробах завищений (нормативний показник до 30 мг/дм^3), що є непрямим показником забруднення річок стічними водами підприємств. Тимчасова твердість води більше

постійної у пробах з річок Дніпро, Конка, Кошева, Інгулець, отже у воді переважають гідрокарбонати HCO_3^-, тому вода цих річок відноситься до гідрокарбонатного класу. У пробах води Білого озера постійна твердість більша за тимчасову, що показує на переважаючий вміст сульфатів у воді.

Висновки. Йони кальцію і магнію відіграють важливу роль в сольовому складі природних вод. Оптимальне співвідношення солей кальцію і магнію у водоймищах із слабко мінералізованою водою становить Ca^{2+} : Mg^{2+} як 3 : 1. У сильно мінералізованій воді це співвідношення звичайно становить 3 : 2, тобто більше міститься солей магнію. Концентрація йонів кальцію в природних водах залежить від стану хімічної рівноваги карбонатної системи.

Комплексонометричний метод визначення твердості води придатний для лабораторного застосування, незважаючи на те, що він вимагає значних затрат часу, велику кількість реактивів та обладнання.

Оволодіння методиками визначення твердості води дозволить студентам в подальшому оцінювати якість води, її придатність для риборозведення.

Забруднення водойм згубно впливає на життя водних організмів та погіршує якість води.

COMPLEXOMETRIC METHOD FOR DETERMINING THE GENERAL HARDNESS OF SURFACE WATERS

Bila T.A. *– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*
Lyashenko E.V. *– Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,*
Ohrimenko O.V. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
Kherson State Agrarian University
kaf.chemistry@ukr.net

Hardness of natural water is one of the most important properties, which is of great importance for water use. The source of general hardness is the rocks of limestone, dolomites, which dissolve when exposed to water. Wastewater from enterprises is anthropogenic source of calcium and magnesium salts. Calcium and Magnesium hydrocarbonates, sulfates and chlorides determine the hardness of water. In this case, calcium and magnesium bicarbonates cause temporary hardness of water, and their sulfates and chlorides – constant hardness.

Water hardness above 6 mmol/l negatively affects the life processes in reservoirs. Very soft water is also undesirable for fish farming. In low-hardness water reservoirs the action of toxic inorganic compounds occurs at lower concentrations than in high-hardness -water reservoirs. Optimal water hardness indices for carp are 1.8 – 4.3 mmol/l, for trout farms – 3-5 mmol/l. In this case the concentration of calcium ions is up to 70 mg/l, magnesium up to 30 mg/l. Insufficient amounts of calcium and magnesium salts in natural waters worsen the conditions of fish and forage.

Strict requirements are required for the quality of fisheries water use. The determination of the natural waters hardness is essential in fish farming. That is why the concept of competency-oriented training is widely used in the KhSA-EU, which allows to combine the training of practically important fish farmers' skills and at the same time to form the real motivation for learning through experimental educational and research work.

The article deals with the implementation of the project of surface water hardness assessment in Kherson region by students. During the study, they have determined the total, temporary, constant hardness, as well as the content of Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- ions. It is shown that in such case-study students acquire the skills of performing of experimental work, which they will need in their further professional activity, while increasing the level of mastering the learning material and interest in it. Mastering the determining of water hardness methods will allow students to evaluate the quality of water and its suitability for fish breeding.

Keywords: water hardness, calcium, magnesium, quantitative analysis, complexometry.

ЛІТЕРАТУРА

1. Янина Р.И., Поддубенко В.Г., Баранов В.А. Сельскохозяйственная гидрохимия. Николаев. 1992. 56 с.
2. Ляшенко Є.В., Біла Т.А., Охріменко О.В. Процеси очищення води. Кріознесолення. *Таврійський науковий вісник.* ДВНЗ «ХДАУ». 2017. № 97. С. 236–243.
3. Лалак Н., Походило Є. Аналіз методів визначення загальної твердості води. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2009. № 70. С. 179–180.

REFERENCES

1. Yanyna, R.Y., Poddubenko, V.H. & Baranov, V.A. (1992). *Selskokhoziaistvennaia hydrokhymyia* [Agricultural hydrochemistry]. Nykolaev [In Russian].
2. Lyashenko, Ye.V., Bila, T.A. & Ohrimenko, O.V. (2017). *Protsesy ochyshchennia vody. Krioznesolennia* [Water purification processes. Crystallization]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk.* DVNZ «KhDAU». no. 97. pp. 236–243 [in Ukrainian].
3. Lalak, N. & Pokhodylo, Ye. (2009). *Analiz metodiv vyznachennia zahalnoi tverdosti vody* [Analysis of methods for determining the total hardness of water]. *Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia.* no. 70. pp. 179–180 [in Ukrainian].

УДК 543.3 : 546.18
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.10

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ФОСФАТІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ

Біла Т.А. *– к.с.-г.н., доцент,*
Ляшенко Є.В. *– к.х.н., доцент,*
Охріменко О.В. *– к.т.н, доцент,*
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»
kaf.chemistry@ukr.net

Фосфор належить до найважливіших біогенних елементів. Рослини і тварини споживають його сполуки, а при загибелі фосфоровмісні речовини знову надходять у довкілля. Сполуки фосфору потрапляють у водойми з поверхневими водами, які змивають їх з полів, де вони вносяться як добриво; зі стічними водами виробництв фосфатної кислоти, фосфатів, суперфосфату; з побутовими водами та відходами в складі миючих засобів.

В останні роки одним з головних джерел фосфорного забруднення водойм сталі миючі засоби. Більшість із них містять сполуки фосфору, які дуже повільно розкладаються в навколишньому середовищі і, накопичуючись у водоймах, спричиняють бурхливий ріст водоростей та інші негативні явища. Сполуки фосфору у воді знаходяться у вигляді неорганічних орто-, мета- і поліфосфатів і конденсованих органічних фосфатів. Органічний фосфор може бути виявлений як у розчиненій формі, так і у формі частинок, пов'язаних з клітинним матеріалом рослин, тварин і бактерій. Фосфоровмісні частинки можуть складатися з мінералів фосфору (наприклад, гідроксиапатиту, фторапатиту) і можуть бути сорбовані на змішаних фазах.

Фосфати необхідні для рослин, тому використання їх рослинами зменшує вміст у воді. Під час повного їх зникнення, яке спостерігається при інтенсивному фотосинтезі, розвиток рослин зупиняється. Тому необхідно проводити хімічний контроль за якістю води. Під якістю води розуміють кількісну характеристику її хімічного складу та властивостей, що визначають її біологічну повноцінність та придатність її для конкретних видів природокористування.

У роботі розглядаються різні методи визначення фосфатів. Найбільш сучасний метод іонної хроматографії дозволяє проводити швидке вимірювання не тільки фосфатів, а й багатьох інших аніонів, але передбачає використання коштовного обладнання і небезпечних реактивів. Найпоширенішим, особливо у наших умовах, є метод, заснований переводі фосфатів у фосфоромолібденову синь і колориметрії одержаного забарвленного розчину.

Вміст фосфатів у ставах для риборозведення Голопристанського рибгоспу Херсонської області експериментально досліджували магістри факультету рибного господарства та природокористування у навчальній хімічній лабораторії кафедри хімії та біології ХДАУ. Вміст фосфатів у поверхневих водах визначали фотоколориметричним методом з амоній молібдатом, який є більш точним і чутливим. За результатами проведених досліджень дана оцінка придатності поверхневої води ставів для риборозведення.

Ключові слова: фосфати у природних водах, кількісний аналіз, фотоколориметрія.

Постановка проблеми. Завдяки природному та техногенному забрудненню природних вод стан водних об'єктів значно погіршився. В умовах інтенсивного ведення рибництва відмічається зміна якості води, що впливає на результати вирощування риби.

Встановлено, що за останні роки простежується тенденція до збільшення обсягів скидання у поверхневі водойми неочищених або ж недостатньо очищених стічних вод, що приводить до значного забруднення і деградації водних екосистем.

Одним з найважливіших біогенних елементів є фосфор. У природних водоймах найчастіше саме сумарний вміст мінерально-органічного фосфору стає фактором, що стримує подальше зростання продуктивності, що супроводжується повною перебудовою всієї структури водойми: підвищується концентрація бактерій і солей, починають переважати гнильні процеси, внаслідок чого вода каламутніє. Одним з процесів, що в таких умовах впливають на евтрофікацію, є процвітання ціанобактерій. Багато видів синьо-зелених водоростей токсичні. Вони виробляють органічні речовини, що входять до групи отрут нервово-паралітичної дії. Виділення ціанобактерій можуть викликати дерматози і ставати причиною всіляких розладів.

Фосфор у водойму надходить з різних джерел, серед яких є і відходи деяких виробництв, але більша частина його сполук потрапляє у водойми в результаті сільськогосподарської та побутової діяльністю людини. Цей елемент застосовується в складі мінеральних добрив і мийних засобів. Поверхневими стоками з одного зрошуваного гектара змивається біля півкілограма фосфору. Побутові стоки, що не піддавалися очищенню, щодня несуть по 0,003–0,006 кг фосфору від кожного мешканця.

Внаслідок зростання антропогенного навантаження на річку, погіршуються як кількісні, так і якісні показники поверхневих вод. Тому необхідно проводити якісний і кількісний аналіз води і визначати можливості застосування її для рибництва. Одним із засобів охорони водойм від антропогенного забруднення є хіміко-аналітичний контроль за якістю води [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якість води визначається складом, концентрацією і властивостями домішок та характеризується показниками, які встановлюються за допомогою аналізу.

Найбільш сучасним методом, особливо при швидких серійних аналізах цілого набору забруднюючих іонів, є іонна хроматографія з хімічним подавленням елюентної провідності. Вона використовується для виявлення таких аніонів, як бромід, хлорид, фторид, нітрат, нітрит, фосфат і сульфат. Хоча для визначення індивідуальних аніонів доступні звичайні колориметричні, електрометричні або тітриметричні методи, тільки іонна хроматографія являє собою єдиний інструментальний метод, який можна

використовувати для їх швидкого послідовного вимірювання. Вона дозволяє ефективно розрізняти галогеніди і оксивмісні іони (сульфіт-сульфат або нітрит-нітрат). Цим методом можна аналізувати і деякі промислові технологічні води, такі як котельна вода або охолоджуюча вода.

Принцип методу: зразок води впорскується в потік карбонатно-бікарбонатного елюента і пропускається через серію йонообмінників. Аніони поділяються на основі їх відносної спорідненості до сильноосновного аніонообмінника. Відокремлені аніони направляються через катіонообмінну мембрану з порожнистих волокон (волоконний супресор), що безперервно омивається текучим сильнокислотним розчином (регенеруючим розчином). У супресорі відокремлені аніони перетворюються в їх високопровідні кислотні форми, а карбонат-бікарбонатний елюент перетворюється в слабкопровідну вугільну кислоту. Розділені аніони в їх кислотних формах визначаються по електропровідності на основі часу затримки в порівнянні зі стандартами. Кількісне визначення проводиться шляхом вимірювання площі піку або висоти піку [4, p. 3].

З більш старих, повільних, але і більш дешевих методів найдоцільнішим є фотоколориметричний метод фізико-хімічного аналізу.

Фотоколориметричний метод визначення концентрації речовини заснований на вимірюванні інтенсивності світлового потоку (коефіцієнт пропускання), який пройшов крізь забарвлений розчин. Для вимірювання коефіцієнта пропускання використовують фотоколориметри різних моделей (ФК, КФК-2б, КФО та інші). Проведення фотоколориметричних вимірювань на колориметрі фотоелектричному однопроменевому (КФК) полягає у вимірюванні співвідношення двох потоків – повного й того, що пройшов крізь вимірюване середовище.

На фотоприймач по черзі направляється світлові потоки: повний $Ф_o$ і пропущений крізь досліджувану пробу води Ф. Оптична густина розчину визначається як логарифм відношення відповідних фотострумів за формулою:

$$D = \lg ({}^{Io}/_{I}),$$

де I_o, I – фотоструми, які відповідають, відповідно, повному світловому потоку $Ф_o$ і світловому потоку Ф, що пройшов крізь досліджувану воду.

Проведенню вимірів передує підбір світлофільтрів і вимірювальних кювет. Наявність комплекту світлофільтрів і кювет дозволяє підібрати такі умови для вимірювань, коли похибка у визначенні концентрації буде найменшою. Світлофільтр для роботи підбирається таким чином, щоб коефіцієнт світлопропускання мав найбільше значення. Вибір кювети здійснюється в залежності від інтенсивності забарвлення досліджуваних розчинів: більшій інтенсивності відповідає менша робоча довжина кювети.

Попередньо будується градуювальний графік. Для цього готують ряд розчинів з відомими концентраціями речовин, які охоплюють

діапазон можливих змін концентрацій у досліджуваному розчині. Потім добавляють у кожний розчин всі необхідні реактиви для аналізу домішок, які визначають, вимірюють оптичну густину D і будують градуювальний графік, відкладаючи по осі абсцис відомі концентрації розчинів, а по осі ординат – відповідні їм значення оптичної густини.

Градуювальний графік використовують для визначення невідомої концентрації речовини в досліджуваній воді. Для цього досліджувану воду з добавленими до неї реактивами наливають у ту саму кювету, за допомогою якої побудована градуювальна крива, і, увімкнувши той самий світлофільтр, вимірюють коефіцієнт пропускання. На графіку знаходять значення коефіцієнту пропускання і відповідну йому концентрацію речовини, яку визначають.

Постановка завдання. Дослідити вміст фосфатів у ставах для рибоpозведення Голопристанського рибгоспу Херсонської області.

Об'єкт дослідження – поверхневі води ставів Голопристанського рибгоспу.

Матеріали і методи дослідження. Фотоколориметричний метод визначення фосфатів у поверхневих водах.

Фотоколориметричний метод визначення ортофосфатів у поверхневій воді. Масову концентрацію ортофосфатів визначають у вигляді фосфоромолібдату. Це модифікація методу Деніже, заснована на одержанні молібденової сині. Основою методу є реакція утворення у кислому середовищі комплексної сполуки – жовтої солі фосфоромолібденової кислоти $(NH_4)_3H_4[P(Mo_2O_7)_6]x6H_2O$ з наступним відновленням її до сині.

Як відновники використовують $SnCl_2$, Fe^{2+}, Na_2S, H_2O_2, гідрохінон, аскорбінову кислоту, суміш Натрія сульфіта і метабісульфіта та інші.

До 50 мл проби, профільтрованої через щільний фільтр «синя стрічка» або до меншого об'єму проби, але розведеного до 50 мл дистильованою водою, доливають 2 мл розчину амоній молібдату, а потім 0,5 мл розчину аскорбінової кислоти з масовою часткою 10%. Суміш перемішують. Одночасно проводять «холосте визначення» з 50 мл дистильованої води. Через 15 хвилин замірюють оптичну густину розчину (λ_{max} = 645 нм) і обчислюють масову концентрацію розчинних неорганічних ортофосфатів за формулою:

$$\rho(PO_4^{3-}) = \frac{\rho^0 \times 50}{V},$$

$\rho(PO_4^{3-})$ – масова концентрація ортофосфатів, мг/л;

ρ^0 - масова концентрація фосфатів, знайдена за калібровочною кривою, мг/л;

50 – об'єм, до якого розбавляють розчин, мл;

V – об'єм проби, взятий для визначення, мл.

Для побудови калібровочної кривої у ряд колб поміщають 0; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 25,0; 50,0 мл робочого стандартного розчину II (розбавляють 50 мл робочого розчину I до 250 мл дистильованою водою; 1 мл розчину містить 0,01 мг PO_4^{3-}) і об'єм усіх розчинів доводять до 50 мл дистильованою водою. В одержаних розчинах, концентрації яких відповідають 0; 0,02; 0,10; 0,20; 0,50; 1,00 мг/л PO_4^{3-} визначають фосфати вищеописаним способом і будують графік залежності D = f(c).

Результати досліджень. Загально відомо, що серед природничих дисциплін саме хімія відіграє найвагоміше значення щодо можливості формування екологічної компетентності студентів-екологів, сприяє саморозвитку студентів, формуванню їх світогляду і професійних навичок у подальшій діяльності [5, с. 114; 6, с. 172].

З метою засвоєння професійних знань, формування навичок і умінь, професійної майстерності магістри факультету рибного господарства та природокористування одержали чітко сформульовані індивідуальні завдання для самостійної роботи щодо експериментального визначення вмісту сполук фосфору у ставах Голопристанського рибгоспу Херсонської області. Дослідження вмісту фосфатів у ставах проводили у період з 26.05.2018 р. по 14.09.2018 р. фотоколориметричним методом з молібдатом аммонія. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. **Концентрація фосфатів, мг Р/дм^3**

№ ставу	Дата								
	26.05	**09.06**	**23.06**	**07.07**	**20.07**	**03.08**	**17.08**	**01.09**	**14.09**
1	-	-	-	0,460	0,635	0,150	0,100	0,065	0,075
2	0,110	0,460	0,100	0,050	0,110	0,040	0,050	0,050	0,010
3	0,340	0,550	0,010	0,060	0,100	0,100	0,125	0,120	0,025
4	0,010	0,030	0,050	0,035	0,060	0,010	0,050	0,065	0,040
5	0,125	0,070	0,075	0,185	0,065	0,050	0,050	0,100	0,010
6	0,030	0,050	0,060	0,050	0,060	0,010	0,050	0,64	0,025
7	-	-	-	0,385	0,430	0,045	0,050	0,050	0,040
8	-	-	-	0,225	0,450	0,065	0,085	0,050	0,040
9	0,025	0,075	0,090	0,050	0,065	0,010	0,050	0,055	0,025
10	0,040	0,060	0,110	0,035	0,065	0,045	0,050	0,048	0,025
11	0,065	0,130	0,050	0,060	0,060	0,045	0,050	-	-
12	0,040	0,050	0,075	0,100	0,060	0,025	0,095	0,050	-
13	-	-	-	0,430	0,380	0,075	0,050	0,050	0,065
14	-	-	-	0,410	0,060	0,220	0,200	0,060	0,045
15	0,160	0,075	0,090	0,075	0,110	0,050	0,085	0,050	0,075
16	0,065	0,085	0,110	0,060	0,800	0,075	0,065	0,040	-
1 Р	-	-	-	0,050	0,060	0,025	0,060	0,040	-
2 Р	0,010	0,010	0,110	0,020	0,040	0,010	0,120	0,010	-
3 Р	0,040	0,030	0,040	0,020	0,040	0,010	0,050	0,050	-
4 Р	0,025	0,100	0,040	0,010	0,040	0,010	0,025	0,010	-

Сполуки фосфору у воді знаходяться у розчиненому стані солей орто- і полі-фосфатних кислот. Більша частина фосфатів, які використовуються водними рослинами та тваринами, повертається у воду у процесі життєдіяльності організмів і тільки деяка частина попадає на дно водойми. Надлишковий вміст фосфатів у воді може бути ознакою наявності у ставах домішок добрив, компонентів господарсько-побутових стічних вод.

Для коропових рибогосподарств оптимальні значення концентрації PO_4^{3-} лежать в межах 0,61–1,5 мг/л. В результаті досліджень встановлено, що вміст фосфатів у всіх пробах становив менше допустимих норм. Цей факт свідчить про те, що фосфати дуже швидко використовуються фітопланктоном, та відбувається поглинання фосфору колоїдами ґрунту.

Висновки. На основі аналізу фотоколориметричних методів визначення фосфору у природних водах можна зробити такі висновки:

1. Фотометричні методи високочутливі, дають можливість визначати як макро- так і мікрокількості фосфору у досліджуваних об'єктах.

2. Фотометричні методи забезпечують оперативність та точність вимірювання.

3. Оволодіння методиками визначення біогенних елементів та мікроелементів у природних водах (зокрема, фосфору) дає можливість вирішувати завдання, які стоять перед рибоводами при вирощуванні рибної продукції.

RESEARCH OF PHOSPHATE CONTENT IN SURFACE WATERS

Bila T.A. *– Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*
Lyashenko E.V. *– Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,*
Ohrimenko O.V. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
Kherson State Agrarian University,
kaf.chemistry@ukr.net

Phosphorus is one of the most important biogenic elements. Plants and animals consume its compounds, and when they die, phosphorus-containing substances re-enter the environment. Phosphorus compounds enter the surface water ponds by flushing from the agricultural fields where they are applied as fertilizers; with sewage of phosphoric acid, phosphates and superphosphate production; with household waters and detergents.

In recent years, detergents have become one of the main sources of phosphorus contamination of fish brooding ponds. Most of them contain phosphorus compounds, which decompose very slowly in the environment and, when accumulated in reservoirs, cause rapid growth of algae and other negative phenomena. Phosphorus compounds in water are dissolved in the form of ortho- and polyphosphates. Phosphates are necessary for plants, so using them by plants reduces their content in water. After their complete disappearance, which is observed after intensive photosynthesis, the development of

plants stops. Therefore, it is necessary to carry out the water quality chemical control. Water quality refers to the quantitative characterization of its chemical composition and properties that determine its biological value and suitability for specific uses.

Different methods of determination of phosphates are considered in the paper. The most up-to-date method of ion chromatography allows rapid measurement of phosphate concentration simultaneously with that of many other anions, but involves the use of valuable equipment and hazardous reagents. The most common, especially in our conditions, is a method based on the conversion of phosphates to phosphoromolybdenum blue and the colorimetry of the resulting colored solution.

The content of phosphates in fish breeding ponds of the Holopristan fish farm of the Kherson region was experimentally investigated by the masters of the Faculty of Fisheries and Environmental Management in the chemical laboratory of KSAU Department of Chemistry and Biology. The content of phosphates in surface waters was determined by photocolorimetric method with ammonium molybdate, which is proved to be accurate and sensitive. There was fulfilled the estimation of the suitability of surface water for fish farming according to the results of the researches.

Keywords: phosphates in natural waters, quantitative analysis, photocolorimetry.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jarvie, Helen, Withers, J. A. & Neal, Caitlin (February 2002). Review of robust measurement of phosphorus in river water: Sampling, storage, fractionation and sensitivity. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(1). URL: https://www.researchgate.net/publication/29627053_Review_of_robust_measurement_of_phosphorus_in_river_water_Sampling_storage_fractionation_and_sensitivity.
2. Бондар О.І., Корінько І.В., Ткач В.М., Федоренко О.І. Моніторинг навколишнього середовища: Навч. посіб. К.Х.: ДЕІ-ГТІ. 2005. 126 с.
3. Масікевич Ю.Г., Гринь С.О., Герецун Г.М. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Чернівці: Зелена Буковина. 2005. 341 с.
4. Lanco Carl, Ulotu Gerald, Brakat Moatz, Taşkın Nur, Rice Eugene. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Part 4000 Inorganic nonmetallic constituents. URL: https://www.academia.edu/27915890/Standard_ Methods_for_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_Part_4000_INORGANIC_NONMETALLIC_CONSTITUENTS.
5. Біла Т.А., Ляшенко Є.В., Охріменко О.В. Удосконалення формування компетентнісної спрямованості хімічної підготовки студентів: матеріали III Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції «Хімія, агрохімія, екологія та освіта». Полтава. (14–15 травня 2019 р.). С. 114–118. URL: http://dspace.ksau.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/901/poltava2_2019.pdf.
6. Біла Т.А., Ляшенко Є.В., Охріменко О.В. Роль контекстного навчання у формуванні предметної компетентності з біогеохімії у студентів-екологів: матеріали 1-ої регіональної наук.-практ.

інтернет-конференції «Наукові читання імені В.М. Виноградова». Херсон. ДВНЗ «ХДАУ». 2019. С. 172–175. URL: http://dspace.ksau.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/905/ Vinogradov052019.pdf (дата звернення 28.02.2020)

REFERENCES

1. Jarvie, Helen, Withers, J.A. & Neal, Caitlin (2002). Review of robust measurement of phosphorus in river water: Sampling, storage, fractionation and sensitivity. Hydrology and Earth System Sciences, 6(1). URL: https://www.researchgate.net/publication/29627053_Review_of_robust_measurement_of_phosphorus_in_river_water_Sampling_storage_fractionation_and_sensitivity.
2. Bondar, O.I. (2005). *Monitorynh navkolyshnoho seredovyshcha* [Environmental monitoring]. Kyiv-Kharkov: DEI-HTI. [in Ukrainian].
3. Masikevych, Yu.H., Grin, S.O. & Geretsun, G.M. (2005). *Metody vymiriuvannia parametriv navkolyshnoho seredovyshcha* [Methods of measuring environmental parameters]. Chernivtsi: Zelena Bukovyna. [in Ukrainian].
4. Lanco, Carl, Ulotu, Gerald, Brakat, Moatz, Taşkın, Nur & Rice Eugene. (n.d.). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Part 4000 Inorganic nonmetallic constituents. Site Academia.edu. Retrieved from: https://www.academia.edu/27915890/Standard_Methods_for_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_Part_4000_INORGANIC_NONMETALLIC_CONSTITUENTS.
5. Bila, T.A., Lyashenko, Ye.V. & Ohrimenko, O.V. (2019). *Udoskonalennia formuvannia kompetentnisnoi spriamovanosti khimichnoi pidhotovky studentiv* [Improvement of formation of competence orientation in chemical preparation of students]. *Mater. Third International. Research Practice Internet conferences "Chemistry, agrochemistry, ecology and education"*, pp. 114–118. URL: http://dspace.ksau.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/901/poltava2_ 2019.pdf. [in Ukrainian].
6. Bila, T.A., Lyashenko, Ye.V. & Ohrimenko, O.V. (2019). *Rol kontekstnoho navchannia u formuvanni predmetnoi kompetentnosti z bioheokhimii u studentiv-ekolohiv* [The role of contextual learning in the formation of environmental students subject competence in biogeochemistry]. *Mater. 1 regional science-practical Internet conference «Scientific Readings named after V.M. Vynohradova,* pp. 172–175. URL: http://dspace.ksau.kherson.ua/bitstream/ handle/123456789/905/Vinogradov052019.pdf. [in Ukrainian].

СТОРІНКИ ІСТОРІЇ

УДК 574.5/.6 (477.63)(09)
DOI https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.11

ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ГІДРОБІОЛОГІЧНА ШКОЛА. ЗАСНУВАННЯ ВОДНОЇ ТОКСИКОЛОГІЇ

Байдак Л.А. *– к.іст.н., пров. н.с.,*
Дворецький А.І. *– д.б.н., професор,*
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
lbajdak@i.ua; dvoretsk@list.ru

У статті розглянуто становлення дніпропетровської гідробіологічної школи у 50–60-х роках минулого століття та відзначено її внесок у формування та розвиток вчення про техногенну трансформацію прісноводних екосистем. Підкреслено роль школи у заснування нового напряму гідробіологічної науки – водної токсикології.

На початку 50-х років XX ст., ще на стадії проектування необхідного для господарства півдня України Каховського водосховища, було зрозуміло, що у зв'язку з мінімальною течією Дніпра на цій ділянці проточність майбутнього водосховища, а значить і його здатність до самоочищення, буде незначною. Дніпропетровськими гідробіологами було проведено комплекс досліджень майбутнього забруднення акваторії водосховища скидними водами та розроблено методи їх очищення. Вивчення можливих процесів в акваторії було доручено відділу іхтіології НДІ гідробіології, який на той час очолював кандидат біологічних наук Сергій Петрович Федій.

Авторами розглянуто етапи життя та діяльності видатного українського вченого у галузі водних біоресурсів та аквакультури, засновника водної токсикології професора С.П.Федія. Сергій Петрович у своїх дослідженнях спирався на величезний обсяг данних, отриманих ще у 30-ті роки, теоретичні та практичні напрацювання професора Д.О. Свіренко про трансформацію водойм під впливом техногенних факторів. У своїх роботах С.П. Федій постійно звертав особливу увагу на санітарно-гідробіологічну оцінку стану водойм Придніпров'я, як об'єктів техногенного впливу. В статті показано роль С.П.Федія у розробці наукових основ охорони чистоти вод.

Дослідження колективу науковців під керівництвом С.П. Федія доводили, що під впливом негативних антропогенних факторів статус водосховищ степової зони України поступово буде змінюватись, їх біологічна продуктивність буде зменшуватись.

Комплекс робіт, проведених під керівництвом С.П.Федія у період 1950–1980 рр., став основою заснування та подальшого розвитку нової науки – водної токсикології (іхтіотоксикології).

Ключові слова: гідроекологія, техногенно трансформовані прісноводні екосистеми, Дніпрогес, Дніпропетровська державна гідробіологічна станція, Каховське водосховище, р. Молочна, Молочанське водосховище, іхтіологія, водна токсикологія, токсикант, гранично допустимі концентрації (ГДК).

Стрімкий розвиток народного господарства Придніпров'ї в 50-60-ті роки XX ст. призвело до значного розвитку гірничовидобувної, металургійної, машинобудівної, хімічної, харчової та інших видів промисловості. Це призвело до збільшення використання води і скид у водні об'єкти неочищених та частково очищених зворотних вод. У зв'язку з цим різко зріс вплив токсичних речовин на водні екосистеми, що вимагало вичення цього явища. На засіданні Вченої ради НДІ гідробіології Дніпропетровського університету було розглянуто ці питання і доручено завідуючому відділом іхтіології НДІ гідробіології к.б.н С.П. Федію зі співробітниками приступити до вивчення цього явища.

Сергій Петрович Федій народився 23 липня 1914 р. в сім'ї селянина-батрака с. Федіївка Решетилівського району Полтавської губернії. У 1931 р. він був направлений на навчання до вечірнього відділення робітфаку при Дніпропетровському фізико-хімічно-математичному інституті (зараз ДНУ ім. О. Гончара).

У 1940 р. він з відзнакою закінчив Дніпропетровський держуніверситет і за рекомендацією Вченої Ради біофаку ДДУ, за конкурсом, був зарахований до аспірантури при кафедрі гідробіології ДДУ, якою керував проф. Д.О.Свіренко. 22 червня 1941 р. був призваний до лав Червоної Армії. За період 1941–1945 рр. брав участь у бойових діях у складі військово-повітряних сил Південного, Закавказького та 1-го Білоруського фронтів. За участь у бойових діях під час Великої Вітчизняної війни був нагороджений 9 нагородами СРСР та Польської Народної Республіки. Після демобілізації у 1946 р. С.П. Федій був поновлений в аспірантурі, працював науковим співробітником відділу іхтіології НДІ гідробіології ДДУ. У 1948 р., після закінчення аспірантури, він захистив кандидатську дисертацію. З 1950 р. завідувач відділом іхтіології НДІ гідробіології ДНУ С. П. Федій проводив постійні комплексні: іхтіологічні, рибницькі, токсикологічні і гідробіологічні дослідження дніпровських водосховищ (Дніпродзержинського, Дніпровського, Каховського) та їх приток за наступними напрямками:

– характеристика рибопромислових водойм степової зони України (Дніпровське, Каховське та Дніпродзержинське водосховища і річки, що в них впадають);

– хімічний склад стічних вод промислових підприємств Придніпров'я, їх вплив на гідрологічний та гідрохімічний режим рибопромислових водойм;

– розповсюдження деяких токсичних речовин у рибопромислових водоймах степової зони України;

– вплив різних джерел забруднення на гідрофлору, гідрофауну та іхтіофауну рибопромислових водойм степової зони України;

– експериментальне дослідження впливу токсичних речовин промислових стічних вод Придніпров'я на гідробіонтів;

– визначення поняття «чиста» і «забруднена» вода;

– теоретичні основи охорони чистоти вод та покращення рибницьких якостей рибопромислових водойм степової зони України;

– іхтіофауна ставків у Дніпропетровській області та шляхи її реконструкції.

На початку 50-х років XX ст. розпочалося створення, вкрай необхідного для господарства півдня України, Каховського водосховища. Вже на стадії проектування було зрозуміло, що у зв'язку з мінімальною течією Дніпра на цій ділянці проточність майбутнього водосховища, а значить і його здатність до самоочищення, буде незначною; в літній період може бути взагалі відсутньою. Однак гостра потреба в такій водоймі спонукала на таке будівництво. Дніпропетровськими гідробіологами був проведений комплекс досліджень можливого забруднення акваторії майбутнього водосховища скидними водами промислових підприємств, розроблені методи очищення скидів.

Вражаюче актуальним, в наш час, звучить прогноз-пересторога С.П. Федія у звіті за далекий 1952 р. про вивчення акваторії Каховського водосховища, що проектувалося. Ще до моменту перекриття русла Дніпра греблею та заповнення майбутнього водосховища, попереджуючи, він писав «Также пришли к заключению, что после зарегулирования Нижнего Днепра в районе г. Каховки сброс промышленных и бытовых стоков в водохранилище может привести к аккумуляции вредных веществ, которые вызовут массовую гибель организмов. Поэтому в плане санитарной охраны Каховского водохранилища необходимо отвести особое место сооружению специальных водоёмов-отстойников и только после очистки промышленно-бытовых стоков можно разрешить их сброс в систему прудов, не связанных с водоемами великих строек коммунизма. Если не провести указанных выше мероприятий, то может наступить такой период, когда невозможным будет использовать воду Каховского водохранилища для целей водоснабжения населенных пунктов и крупных административных центров, а также использовать водоем для ведения высокопродуктивного рыбного хозяйства».

Спираючись на теоретичні розробки проф. Д.О. Свіренко та величезний обсяг данних, отриманих у 30-ті роки, в процесі формування Дніпровського водосховища, С.П. Федій розгортає широкі дослідження

трансформацій, що могли відбутися після побудови греблі Каховської ГЕС та в процесі створення Каховського водосховища. Згідно з програмою підготовки до спорудження Каховської ГЕС та будівництва Південно-Українського каналу, в липні 1952 р. під керівництвом С.П. Федія були проведені комплексні санітарно-гідробіологічні та іхтіологічні дослідження р. Молочної та Молочанського водосховища, що проектувалося на трасі майбутнього Південно-Українського каналу. Дослідження проводилися від витоків р. Молочної до Азовського моря. На ділянці від витоків р. Молочна до с. Терпіння, тобто до створу греблі Молочанського водосховища, що проектувалося, було виявлено 11 видів малоцінної риби; були розроблені заходи щодо рибогосподарського освоєння майбутнього Молочанського водосховища.

IX том «Вестника НИИ гидробиологии», що вийшов у 1952 р., був цілком присвячений прогнозу гідробіологічного режиму майбутнього Каховського водосховища. У роботі з гідробіології нижнього Дніпра в зв'язку із впливом греблі Дніпрогесу і прогнозом режиму Каховського водосховища С.П. Федій передбачає можливість виникнення складних санітарно-гідробіологічних проблем, що мали виникнути після створення Каховського водосховища. Він наводить дані І.І. Короткого про те, що спорудження греблі Дніпрогесу викликало зміни в іхтіофауні порожистої частини Дніпра: широко розповсюджені реофільні види риб, що становили великий відсоток у промислових виловах – усач, підуст, жерех, голавль, налим та інші – після спорудження греблі зникли, а їх місце зайняли лімнофільні форми – плотва, лящ, краснопірка та ін. У роботі, присвяченій рибам та рибному промислу нижнього Дніпра, С.П. Федій, описуючи, ще незмінений гідробудівництвом, стан іхтіофауни нижнього Дніпра, відзначає що на ділянці від греблі Дніпрогесу до м. Херсон головні види у складі іхтіофауни нижнього Дніпра (плотва, єлець, язь, краснопірка, жерех, підуст, уклейка, густера, лящ, чехонь, гірчак, карась, сазан, сом, щука, судак, окунь, йорш) та головні види у рибному промислі (плотва, язь, краснопірка, жерех, линь, підуст, уклейка, густера, лящ, чехонь, карась, сазан, сом, щука, судак, окунь). Моделюючи можливий майбутній розвиток гідробіологічних та іхтіологічних процесів у Каховському водосховищі, що проектувалося, С.П. Федій на основі вивчення таких же процесів у Дніпровському водосховищі робить прогноз, що після спорудження греблі Каховського гідровузла у видовому складі іхтіофауни відбудуться великі зміни. Як і в Дніпровському водосховищі, реофільні види риби щезнуть, а замість них з'являться лімнофільні види риб. Автор ставить іхтіологам та рибникам завдання на майбутнє – створити в Каховському водосховищі ціний у промисловому відношенні іхтіокомплекс, в якому головну роль мають відігравати стерлядь, лящ, чехонь, рибець, сазан і судак.

Творчо розвиваючи теоретичні напрацювання проф. Д.О. Свіренко про трансформацію водойм під впливом техногенних факторів, в своїх дослідженнях Сергій Петрович постійно звертав особливу увагу на санітарно-гідробіологічну оцінку стану водойм Придніпров'я, як об'єктів техногенного впливу (рис. 1).

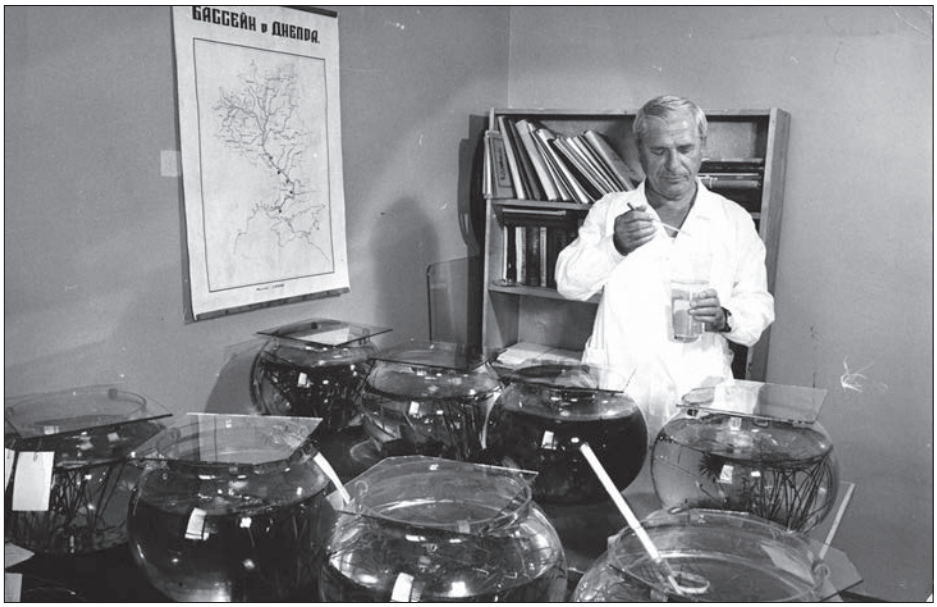


Рис. **Професор С.П. Федій під час проведення досліджень з водної токсикології**

З робіт, що були проведені під його керівництвом, у цьому напрямку, витікають наступні висновки:

1. Для водойм (водосховищ) степової зони України характерним є дуже повільний водообмін і тому в них переважають умови, що характерні для стоячих водойм: висока прозорість води, сезонна температурна стратифікація тощо.

2. Деякі антропогенні чинники помітно впливають на гідрологічний режим водойм: під їх впливом підвищується температура води на 1°, 2°, зменшується прозорість води до 5 см. У результаті седиментації завислих речовин, що поступають з водозбірної площі, на дні водойм формуються великі відкладення, що вкривають товстим шаром природні піщані, камянисті та інші грунти.

3. Під сильним і постійним впливом негативних антропогенних чинників зараз відбувається гідрохімічна еволюція гідросфери на величезних просторах України. За дуже незначний період часу (30–40 років) деякі

водойми перетворилися з олігогалінних, з деякими рисами мезогалінності, у мезогалінні.

4. Під впливом негативних антропогенних чинників на значних ділянках водойм степної зони України порушуються природні процеси вегетації альгофлори: вона або зовсім відсутня, або вегетує слабо, продукуючи дуже невелику біомасу. Розвиток синьозелених водоростей («цвітіння») за токсобними зонами досягає потужних масштабів.

Антропогенні фактори негативно впливають на гідрофауну: зоопланктон стає бідним і представлений своєрідним комплексом видів, знижуючись у своїй кількості до 1590 екз/м^3, біомаса якого – 17,52 мг/м^3. Донна фауна в летальних зонах водойм зовсім відсутня, у сублетальних зонах вона представлена 1–2 видами, щільність яких – 40 екз/м^2, біомаса – 0,08 г/м^3.

Негативні антропогенні фактори не дозволяють формуватися у водоймах складним літофільним, псамо-пелофільним і пелофільним біоценозам, які відрізнялися б високою біологічною продуктивністю. Тому у летальних зонах біоценози зовсім відсутні, а у сублетальних зонах вони несуть на собі риси аномального розвитку, так як складаються з обмеженної кількості видів, що можуть існувати у дуже складних екологічних умовах.

Також, негативні антропогенні фактори впливають на видовий склад іхтіофауни та чисельність особин кожного виду. Під впливом цих чинників з фауністичних комплексів випадають промислово-цінні, вимогливі до середовища існування, види риб. У летальних зонах водойм іхтіофауна зовсім не зустрічається; для сублетальних зон характерною є дуже мала щільність іхтіофауни (1 екз. на 187,5 м^2) і мала біомаса іхтіофауни (0,07 г/1м^2). Під впливом негативних антропогенних чинників поступово звужуються ареали окремих видів риб і тому фауністичні комплекси складаються з обмеженої кількості таксонів. Негативні антропогенні чинники звужують площу рибогосподарських угідь і знижують їх продуктивність (до 14,08 кг/га).

На основі експериментальних робіт з вивчення токсичності речовин, автор робить наступні висновки:

а) залізо (1-3 мг/л) впливає на альгофлору і тому у складі альгофлори переважають види, головним чином мезосапроби з діатомових, що можуть мешкати у забрудненому середовищі; безхребетні при концентрації заліза 1 мг/л гинуть також, як і при більш високій його концентрації, тільки через більший відрізок часу; концентрація заліза 0,5 мг/л гальмує приріст ваги риб за одиницю часу, тому є шкідливою;

б) експерименти із впливу на риб магнію показали, шо цей токсикант викликає пошкодження процесу розмноження у особин, що довгий час мешкають в отруєному середовищі;

в) комплексні досліди із впливу іонів амонію (1 мг/л і більше) на гідрофауну показали, що цей токсикант, зі збільшенням концентрації від 1 мг/л, все більш згубно впливає на організм;

г) ультрамінералізовані шахтні води згубно впливають на прісноводну гідрофлору і гідрофауну;

д) реагенти-збирачі (сульфатне мило та ін.) викликають загибель гідробіонтів;

е) кобальт, що застосовується рибниками у якості стимулятора росту, має токсичні властивості і при концентрації 1 мг/л у довгих дослідах викликає загибель риб.

Комплексні санітарно-гідробіологічні дослідження показали, що зміни біоценозів, як пристосування особин виду до нового середовища існування, не можуть наздогнати гідрохімічну еволюцію, що відбувається у водоймах степової зони України, під впливом негативних антропогенних факторів, і вони гинуть. Біологічна продуктивність рибницьких водойм зменшується.

Під впливом негативних антропогенних факторів водосховища степової зони України поступово виходять з класу лящово-сазаново-судачих. Ці фактори звужують ареали промислово цінних риб (лящ, сазан, судак) і впливають на чисельність їх особин.

Комплекс робіт, проведених під керівництвом С.П.Федія у період 1950–1980 рр., став основою заснування та подальшого розвитку нової науки – водної токсикології (іхтіотоксикології).

DNEPROPETROVSK HYDROBIOLOGICAL SCHOOL. FOUNDATION OF AQUATIC TOXICOLOGY

Bajdak L.A. *– Candidate of Historical Sciences, Leading Research Scientist,*
Dvoretsky A.I. *– Doctor of Biological Sciences, Profesor,*
Dnipro State Agrarian and Economic University,
lbajdak@i.ua, dvoretsk@list.ru

The article studies the evolution of Dnipropetrovsk Hydrobiological School in the 1950 – 60s of the past century and marks its contribution to the formation and development of the doctrine of man-made transformation of freshwater ecosystems. The authors highlight the school's role in the establishment of a new branch of hydrobiological science – aquatic toxicology.

At the early 1950s of the XX century – at the stage of projecting of the Kakhovka

Reservoir necessary for the economy of Southern Ukraine, it was evident that due to a minimum flow of Dnipro at that area, the flowage of the future reservoir and consequently, its capacity of self-purification would be slight. Dnipropetrovsk hydrobiologists conducted a set of studies of the potential contamination of the reservoir water area by effluents and elaborated the methods for their purification. The department

of ichthyology of the RSI of Hydrobiology headed by Serhii Petrovych Fedii was charged with the study of possible process in the water area.

The authors consider the stages of life and activities of professor S.P. Fedii, the prominent Ukrainian scientist in the area of aquatic biological resources and aqua culture, the founder of aquatic toxicology. Serhii Petrovych in his research relied on a huge amount of data obtained in the 1930s, theoretical and practical developments of professor D.O. Svirenko concerning the transformation of reservoirs under the influence of man-made factors. S.P. Fedii always drew special attention to sanitary-hydrobiological assessment of the state of water reservoirs of the Dnipro region as objects of man-made impact. The article shows the role of S.P. Fedii in the elaboration of science behind for the protection of water purity.

The researches of a scientific team under the leadership of S.P. Fedii proved that under the influence of negative man-made factors, the status of reservoirs of steppe zone of Ukraine would be gradually changed and their biological productivity would be increased.

A set of activities performed under the leadership of S.P. Fedii during 1950–1980 became the foundation for the establishment and further evolution of a new science – aquatic toxicology (ichthyotoxicology).

Key words: hydroecology, man-made transformed freshwater ecosystems, Dniproges, Dnipropetrovsk state hydrobiological station, Kakhovka Reservoir, Molochna River, Molochansk Reservoir, ichthyology, aquatic toxicology, toxicant, Maximum Contaminant Limit (MCL).

ЛІТЕРАТУРА

1. Байдак Л.А., Дворецький А.І. Техногено трансформовані прісноводні екосистеми. Ретроспективний аналіз досліджень (30-ті–90-ті рр. XX ст.). Наукова монографія. 2-ге видання, доп. та вип. Д.: ЛІРА, 2019. 228 с.
2. Рева А.Д. История биолого-экологического факультета Днепропетровского государственного университета. Днепропетровск, Дніпропетр. ун-т, 1998. 166 с.
3. Вестник научно-исследовательского института гидробиологии. Посвящается прогнозам гидробиологического режима Каховского водохранилища. Отв. ред. д. б. н. проф. П.А. Журавель. Т. IX. К. : Изд-во КГУ им. Т. Г. Шевченко, 1952. 120 с.
4. Отчет о работе Днепропетровского научно–исследовательсого института гидробиологии госуниверситета за 1952 год. Днепропетровск, 1952. 37 с.
5. Федий С.П. Фауна рыб реки Молочной и пути ее реконструкции. *Вестник научно-исследовательского института гидробиологии.* Т. XI. Отв. ред. проф. П. А. Журавель. К. : Изд-во КГУ им. Т. Г. Шевченко, 1955. С. 199–204.
6. Федий С.П. О происхождении и количестве фенолов в некоторых водоемах бассейна Днепра. *Научные доклады высшей школы; биологические науки.* 1964. № 4.

7. Федий С.П. О предельно допустимих концентрациях вредных веществ в воде и санитарном состоянии некоторых водоемов бассейна Днепра. *Научные доклады высшей школы; биологические науки.* 1965. № 3.
8. Федий С.П. Влияние загрязнения на видовой состав ихтиофауны некоторых водоемов басейна Днепра: материалы зоологического совещания по проблеме «Биологические основы реконструкции, рационального использования и охраны фауны южной зоны европейской части СССР». Кишинев, 1965.
9. Федий С.П. О длительных опытах по установлению токсичности водной среды для гидробионтов и показательных органи змов: материалы симпозиума специалистов водохозяйствееных торганов стран-членов СЭВ. 1969.
10. Федий С.П. Методика определения токсичности на водоймах. Сборник «Методики биологических исследований по водной токсикологии». М., «Наука», 1971.
11. Федий С.П. К вопросу о научных основах охраны чистоты вод континентальних водоемов: тезисы докладов Всесоюзного симпозиума по предельно допустимым концентрациям вредных веществ в воде водоемов (ПДК) качества воды. М., «Наука», 1972.
12. Федий С.П., Мисюра А.В. Влияние промышленных сточных вод на видовой состав, численность и биомассу фитопланктона пресных водоемов. Сборник «Биологическое самоочищение и формирование качества воды». М., «Наука», 1975.
13. Федий С.П., Хирная А.В. Оценка качества воды загрязняемых водоемов по изменению количества аминокислот в биохимическом составе мягкой высшей водной растительности. Сборник «Биологическое самоочищение и формирование качества воды». М., «Наука», 1975.
14. Федий С.П. Изменение рыбопродуктивности водоемов степной зоны УССР как индикатор их загрязнения сточным водами. *Водные ресурсы.* № 3. 1976.
15. Федий С.П., Гайдаш Ю.К., Ковтун Т.Н., Золотарева В.И., Мисюра А.В., Товбин П.И. К вопросу о влиянии антропогенного фактора на флористические и фаунистические комплексы Запорожского водохранилища: материалы IV Всесоюзного совещания по круговороту веществ и энергии в водоемах. 1977.

REFERENCES

1. Bajdak L.A., Dvorec'kij A.I. (2019). *Tehnogeno transformovani prisnovodni ekosystemy. Retrospektyvnyj analiz doslidzhen' (30-ti–90-ti rr. XX st.).* [Technogenically transformed freshwater ecosystems of the

Dnieper. Retrospective analysis of research. (30s-90s of the XX century)]. Monografiya, 2-e vid., dop. ta vipr. Dnipro: LIRA. [in Ukrainian].
2. Reva A.D. (1998). *Istorija biologo-jekologicheskogo fakul'teta Dnepropetrovskogo gosudarstvennogo universiteta* [History of the Biology and Ecology Faculty of the Dnepropetrovsk State University]. Dnepropetrovsk, Dnipropetr. un-t. [in Russian].
3. Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrobiologii. (1952). *Posvjashaetsja prognozam gidrobiologicheskogo rezhima Kahovskogo vodohranilishha*. [Dedicated to the forecasts of the hydrobiological regime of the Kakhovka reservoir]. Otv. red. d.b.n., prof. P.A. Zhuravel'. Vol. IX. Kyiv : Izd-vo KGU im. T. G. Shevchenko. [in Russian].
4. *Otchet o rabote Dnepropetrovskogo nauchno–issledovatel'sogo instituta gidrobiologii gosuniversiteta za 1952 god.* [Report on the work of the Hydrobiology Research Institute Dnepropetrovsk State University for 1952]. Dnepropetrovsk. [in Russian].
5. Fedij S.P. (1955). *Fauna ryb reki Molochnoj i puti ee rekonstrukcii.* [Fish fauna of the River Molochnaya and the ways of its reconstruction] *Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrobiologii*. Kyiv : Izd-vo KGU im. T.G. Shevchenko. Vol. XI. pp.199–204. [in Russian].
6. Fedij S.P. (1964). *O proishozhdenii i kolichestve fenolov v nekotoryh vodoemah bassejna Dnepra.* [On the guestion of origin and amount of phenols in some reservoirs of the Dnieper basin]. *Nauchnye doklady vysshej shkoly; biologicheskie nauki*. no. 4. [in Russian].
7. Fedij S.P. (1965). *O predelno dopustimih koncentraciyah vrednyh veshestv v vode i sanitarnom sostoyanii nekotoryh vodoemov bassejna Dnepra* [About the maximum permissible concentrations of harmful substances in the water and about the sanitary conditions of the some reservoirs of the Dnieper basin]. *Nauchnye doklady vysshej shkoly; biologicheskie nauki.* no. 3. [in Russian].
8. Fedij S.P. (1965). *Vliyanie zagryazneniya na vidovoj sostav ihtiofauny nekotoryh vodoemov basejna Dnepra* [The influence of pollution on the ichthyofauna species composition of of some reservoirs of the Dnieper basin]. *Materialy zoologicheskogo soveshaniya po probleme «Biologicheskie osnovy rekonstrukcii, racionalnogo ispolzovaniya i ohrany fauny yuzhnoj zony evropejskoj chasti SSSR»*. Kishinev. [in Russian].
9. Fedij S.P. (1969). *O dlitelnyh opytah po ustanovleniyu toksichnosti vodnoj sredy dlya gidrobiontov i pokazatelnyh organizmov.* [About the long-term experiments to establish the toxicity of the aquatic environment for aquatic organisms and indicative organisms]. *Materialy simpoziuma specialistov vodohozyajstveenyh torganov stran-chlenov SEV*. [in Russian].
10. Fedij S.P. (1971). *Metodika opredeleniya toksichnosti na vodoemah* [The methodology for the determination of toxicity in the water reservoirs].

Sbornik *«Metodiki biologicheskih issledovanij po vodnoj toksikologii»* [Methods of biological research in aquatic toxicology]. Moscow, «Nauka». [in Russian].

11. Fedij S.P. (1972). *K voprosu o nauchnyh osnovah ohrany chistoty vod kontinentalnih vodoemov* [On the question of the scientific basis for the protection of the purity of the continental water reservoirs]. *Tezisy dokladov Vsesoyuznogo simpoziuma po predelno dopustimym koncentraciyam vrednyh veshestv v vode vodoemov (PDK) kachestva vody*. Moscow, «Nauka». [in Russian].
12. Fedij S.P. Misyura A.V. (1975). *Vliyanie promyshlennyh stochnyh vod na vidovoj sostav, chislennost i biomassu fitoplanktona presnyh vodoemov* [The influence of the industrial wastewater on the species composition, abundance and biomass of phytoplankton in the fresh water bodies]. Sbornik *«Biologicheskoe samoochishenie i formirovanie kachestva vody»* [Biological self-purification and formation of the water quality]. Moscow, «Nauka». [in Russian].
13. Fedij S.P. (1975). *Ocenka kachestva vody zagryaznyaemyh vodoemov po izmeneniyu kolichestva aminokislot v biohimicheskom sostave myagkoj vysshej vodnoj rastitelnosti* [Assessment of the water quality of the polluted reservoirs by changing the amount of amino acids in the biochemical composition of the water higher aquatic plants]. Sbornik «Biologicheskoe samoochishenie i formirovanie kachestva vody». Moscow, «Nauka». [in Russian].
14. Fedij S.P. (1976). *Izmenenie ryboproduktivnosti vodoemov stepnoj zony USSR kak indikator ih zagryazneniya stochnym vodami* [Change in the fish productivity of the reservoirs of the steppe zone of the Ukrainian SSR as an indicator of their pollution by wastewater]. *Vodnye resursy*. no. 3.
15. Fedij S.P., Gajdash Yu.K., Kovtun T.N., Zolotareva V.I., Misyura A.V., Tovbin P.I. (1977). *K voprosu o vliyanii antropogennogo faktora na floristicheskie i faunisticheskie kompleksy Zaporozhskogo vodohranilisha* [To the question of the anthropogenic factor influence on the floristic and faunistic complexes of the Zaporizhzhya reservoir]. *Materialy IV Vsesoyuznogo soveshaniya po krugovorotu veshestv i energii v vodoemah*. [in Russian].

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 розвиток 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 невпинний 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. XX 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].

Іван Павлович Лубянов

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.

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 XX 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 XX 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 напрямок «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. Орілі.

Рис. **Експедиційний відбір радіоекологічних проб.**
На веслах – І.П. Лубянов. Дніпровське водосховище, 60-ті рр. XX 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: молюски>ракоподібні>водна рослинність>риби. Найбільші КН спостерігалися: серед молюсків – у дрейссени бузької та річкової. Серед водних рослин – у хари, рдеснику пронизанолисному, 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. У1989 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 сільгоспрадіології, 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-посилених 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, молюсках).

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 Радіобіологічного 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 забруднюватись 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. м^2, а сховищ відходів уранового виробництва – 0,25 млн. м^2. 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 риб, 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 риб 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 риб 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 риб 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. Lubyanov in this article, whose research works became the base of the foundations and formation of freshwater radioecology in Ukraine. We note I.P. Lubyanov contribution to the study of the laws of migration and biological effect of radionuclides in the components of the biosphere. The complex of Lubyanov 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. Dvoretsky 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 226Ra, 137T 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 агроекологічного 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. Дворецький А.І., 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. Дворецький А.І., Байдак Л.А., Новіцький 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. биол. наук. Днепропетровск, 1972. 52 с.
18. Ляшенко В.Н., Дворецький 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., Дворецький А.І., 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 prisnovodnyh 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 prisnovodni 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., Sapronova V.A., Murzina T.A. (1993). *Vlijanie oroshenija dneprovskoj vodoj na soderzhanie 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 jugo-vostoka 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 Ukrai'ny. Kyiv: Medekol. [in Ukrainian].

10. Dvorec'kyj A.I., Sapronova 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 Prydniprovia]. *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., Sapronova 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 vyklykiv»: materiali VIII z'i'zdu Gidroekologichnogo tovarystva Ukrai'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. Lubyanov I.P. (1962). *Ob izuchenii radioaktivnosti donnyh zhivotnyh 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. Lubyanov 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'kyj A.I., Bajdak L.A. (2018). *Radioekologichni doslidzhennja stavkiv Dnipropetrovshhyny* [Radioecological researches of ponds of Dnipropetrovsk region]. *Suchasni problemy racional'nogo vykorystannja vodnyh bioresursiv: materiali I mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii'* (Kyiv, 15–17 travnja 2018). Kyiv. pp.28–30. [in Ukrainian].

НОТАТКИ

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Водные биоресурсы и аквакультура

Water bioresources and aquaculture

Науковий журнал

1/2020

Коректура • М. Бабич
Комп'ютерна верстка • Н. Кузнєцова

Формат 70х100/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 8,77. Ум.-друк. арк. 12,21.
Підписано до друку 29.05.2020. Наклад 100 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
73021, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
Телефон +38 (0552) 399 580,
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.