

Veterinary and sanitary assessment of fish and seafood by quality and safety indicators

V. Kotelevych✉ | S. Huralska | V. Honcharenko

Article info

Correspondence Author

V. Kotelevych

E-mail:

valya.kotelevich@ukr.netPolissia National University,
Staryi Bulvar, 7,
Zhytomyr, 10008,
Ukraine**Citation:** Kotelevych, V., Huralska, S., & Honcharenko, V. (2023). Veterinary and sanitary assessment of fish and seafood by quality and safety indicators. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 103–112. doi: 10.31210/spi2023.26.03.19

Fish and seafood are unique products in terms of nutrients, biological value, profitability of production and demand in the consumer market, important components in the population's diet. However, 85 % of the Ukrainian fish market is imported, which is not always of the proper quality. Our state imports fish and seafood from 60 countries of the world, and its imports are growing every year. In recent years, the culinary traditions of Korea, Japan, China and other Southeast Asian countries, in which many dishes are prepared from raw or semi-raw fish, crustaceans, squid and other molluscs, have become widespread in Ukraine. This poses a great danger of human infection with zoonoses, in particular, invasive ones. Fish is one of the most nutritious and perishable foods. Outbreaks of food-borne zoonoses in humans can occur both as a result of the use of fish products obtained from sick fish, and as a result of secondary contamination in the process of procurement, disassembly, storage in refrigerators and food production. Freshwater fish can be carriers of *Escherichia coli*, salmonella, protea and staphylococci due to sewage pollution. Fish and shellfish can be affected by pathogenic and potentially pathogenic bacteria: *Streptococcus iniae*, *Clostridium botulinum* type E, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio* spp, *Salmonella* spp, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Listeria*, aeromonads and others. The purpose of the review was to provide a veterinary and sanitary evaluation of fish and seafood according to quality and safety indicators in the light of modern research to ensure consumer safety. In the period of rapid development of the fishing industry and environmental pollution, the control of the content of potentially toxic elements in fish and seafood is of particular importance. One of the most dangerous are heavy metals. Almost all types of marine fish and shellfish have been found to contain traces of mercury. Some types of marine fish (sharks, swordfish, king mackerel, king mackerel) and shellfish contain high concentrations of mercury, which can harm the health of consumers. The increase in the volume of production and supply of fish and fish products to Ukraine determines the urgency of the issue of their veterinary and sanitary assessment based on quality and safety indicators. Considering the urgency of providing the residents of Ukraine with high-quality and safe fish products, it is extremely necessary to edit national standards regarding such indicators as the content of toxic elements, radionuclides, pesticides and other pollutants in accordance with the requirements of standards implemented in global practice, and to strengthen control over compliance with technical regulations when using fish and fish products.

Keywords: organoleptic, physicochemical and sanitary indicators, toxic elements, heavy metals, radionuclides, invasive and infectious diseases.

Ветеринарно-санітарна оцінка риби та морепродуктів за показниками якості і безпечності

В. А. Котелевич | С. В. Гуральська | В. В. Гончаренко

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Риба і морепродукти – це унікальні продукти за поживними речовинами, біологічною цінністю, рентабельністю виробництва та попитом на споживчому ринку, важливі складові в раціоні населення. Проте, 85 % рибного ринку України – це імпорт, який не завжди належної якості. Наша держава імпортує рибу і морепродукти з 60 країн світу і щороку імпорт її зростає. В останні роки в Україні отримали широке розповсюдження кулінарні традиції Кореї, Японії, Китаю та інших країн Південно-Східної Азії, в яких багато страв готується із сирової або напівсирової риби, ракоподібних, кальмарів та інших моллюсків. Це становить велику небезпеку щодо зараження людей зоонозами, зокрема, інвазійними. Риба є одним з найбільш поживних і швидкокопсувних продуктів. Спалахи харчових зоонозів у людини можуть виникати як внаслідок використання рибної продукції, отриманої від хворої риби, так й внаслідок вторинної контамінації в процесі заготівлі, розбирання, зберігання у холодильниках і виготовлення їжі. Через забруднення водою стічними водами прісноводна риба може бути носієм кишкової палички, сальмонел, протея і стафілококів. Риба і моллюски можуть бути уражені патогенними та потенційно патогенними бактеріями: *Streptococcus iniae*, *Clostridium botulinum* типу E, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio* spp, *Salmonella* spp, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Listeria*, аеромонади та інші. Метою здійсненого огляду було надати ветеринарно-санітарну оцінку риби і морепродуктам за показниками якості і безпечності у світлі сучасних досліджень для забезпечення безпеки споживача. У період стрімкого розвитку рибної промисловості і забруднення навколишнього середовища, особливого значення має контроль вмісту потенційно токсичних елементів в рибі та морепродуктах. Одними з найбільш небезпечних є важкі метали. Встановлено, що майже всі види морської риби та моллюсків містять сліди ртуті. Деякі види морської риби (акули, риба-меч, королівська скумбрія, королівська макрель) та моллюсків містять високу концентрацію ртуті, що може шкодити здоров'ю споживачів. Збільшення обсягів виробництва та постачання риби і рибних продуктів в Україну обумовлює актуальність питання їх ветеринарно-санітарної оцінки за показниками якості і безпечності. Зважаючи на актуальність забезпечення мешканців України якісною і безпечною рибною продукцією, вкрай необхідним є редагування національних стандартів щодо таких показників як вміст токсичних елементів, радіонуклідів, пестицидів та інших забруднювачів у відповідності з вимогами стандартів, впроваджених у світову практику, та посилити контроль за дотриманням технічних регламентів при використанні риби і рибних продуктів.

Ключові слова: органолептичні, фізико-хімічні і санітарні показники, токсичні елементи, важкі метали, радіонукліди, інвазійні та інфекційні хвороби.**Бібліографічний опис для цитування:** Котелевич В. А., Гуральська С. В., Гончаренко В. В. Ветеринарно-санітарна оцінка риби та морепродуктів за показниками якості і безпечності. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 103–112.

Великим попитом серед населення користується риба та морепродукти. Рибопродукція включена в перелік стратегічно важливих товарів України. Поживні властивості гідробіонтів наближаються до м'яса наземних тварин: вода 66–84 %, білки 15–24 %, ліпіди 0,1–22 %, вітаміни А, D, В, К та мінерали (кальцій, фосфор, залізо). Глобальний внесок риби, як джерела білка високий і становить від 10 до 15 % у світі [3, 19, 26, 27, 38, 42].

За даними FAO/ВООЗ, рекомендована норма риби для споживання людиною 20 кг на рік, в тому числі 75 % повинна становити морська риба. Риба та рибні продукти забезпечують у середньому всього близько 34 калорій на день у раціоні людини. Але порція 150 г риби забезпечує близько 50–60 % щоденної потреби у білках для дорослих. Статистичні данні свідчать, що у таких країнах, як Норвегія, Японія, Китай споживання риби становить 70 кг на людину у рік і тривалість життя суттєво вища, ніж в інших країнах. Тому вирішення питань харчової безпеки на рівні міжнародних організацій передбачає наповнення споживчого кошика харчовою рибною продукцією таким чином, що більша її частина має забезпечуватися продукцією аквакультури [7].

Однак, як зазначають науковці, 85 % рибного ринку України – це імпорт, який не завжди належної якості, іноді відвертий рибний сурогат, небезпечний для споживача. Наша держава імпортує рибу і морепродукти з 60 країн світу і щороку імпорт її зростає. У останні декілька років в Україні спостерігалася велика тенденція до розведення риби. На формування її якості і безпечності впливають такі чинники, як розмір, вид, чистота водойм, кількість кисню у воді і кормів, хімічні технології, сезон вилову, захворювання і фізіологічний стан риби. Проблемним питанням є інфекційні та інвазійні хвороби риби, в тому числі зоонози [35, 56, 75].

Матеріали наукових публікацій свідчать про те, що проблема забезпечення населення якісними і безпечними харчовими продуктами є однією з першочергових. Здоров'я кожної людини у значній мірі залежить від якості і безпечності спожитих харчових продуктів, в яких повинні бути в достатній кількості поживні речовини: білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні речовини і відсутні шкідливі речовини та збудники антропозоонозних захворювань. Тому на державному рівні будь-якої країни регулюються вимоги щодо безпечності і якості продукції та забезпечується їх дотримання. Одним із дієвих засобів такого забезпечення є ветеринарно-санітарне інспектування.

Риба є одним з найбільш поживних і швидкопсувних продуктів. Делікатний характер риби проявляється в її швидкому зниженні якості і безпечності, якщо її неправильно зберігати та не швидко обробляти з дотриманням відповідних санітарних вимог. Науковці наголошують, що біологічні небезпеки в продуктах харчування є однією з головних причин виникнення захворювань харчового походження [11, 12, 28, 31, 75].

Спалахи харчових зоонозів у людини можуть виникати як внаслідок використання рибної продукції, отриманої від хворої риби, так й внаслідок

вторинної контамінації в процесі заготівлі, розбирання, зберігання у холодильниках і виготовлення їжі. Профілактика цих інфекцій у людини вимагає не тільки глибоких знань біології та екології збудників, але й проведення великого спектра санітарно-гігієнічних заходів упродовж усього харчового ланцюга [1, 28–32, 94].

В останні роки в Україні отримали широке розповсюдження кулінарні традиції Кореї, Японії, Китаю та інших країн Південно-Східної Азії, в яких багато страв готується із сиріо або напівсиріо риби, ракоподібних, кальмарів та інших моллюсків. На думку науковців [43, 71], найбільший ризик для здоров'я людини пов'язаний із споживанням сиріо або недостатньо обробленої риби та рибних продуктів. Це становить велику небезпеку щодо зараження споживача зоонозами, зокрема, інвазійними [28, 32, 56].

Забруднення ставків і морів техногенного походження теж становить небезпеку щодо якості і безпечності риби і морепродуктів. Тому якість і безпечність цих продуктів є основною проблемою рибної промисловості у всьому світі. По суті – це встановити поживну цінність і безпечність риби і морепродуктів та уникнути потрапляння в організм споживачів небезпечних продуктів [61, 62, 76].

На думку фахівців, виникла загроза генетичної сутності людини. Спеціалісти (лікарі, біологи, хіміки) встановили причини серйозного погіршення здоров'я населення, що пов'язано з наявністю шкідливих хімічних та інших речовин у воді, атмосферному повітрі, але найбільше (80 %) – у продуктах харчування. Тому актуальною проблемою сьогодення є забезпечення якості та безпечності продуктів харчування для життя і здоров'я людини, в тому числі риби і морепродуктів, відсутність ризику для генетичних, патологічних та інших змін в організмі людини [10, 13, 35, 47, 73, 95].

Збільшення обсягів виробництва та постачання риби і морепродуктів в Україну обумовлює актуальність проблеми ветеринарно-санітарної оцінки їх за показниками якості і безпечності, що має певне наукове та практичне значення.

Забезпечення продовольчої безпеки сировини і продуктів харчування є одним з провідних факторів, що обумовлюють здоров'я людей та збереження генофонду. Результати досліджень Гобела В. В. та ін. [4] свідчать про незадовільний стан продовольчої безпеки України. Здійснення порівняння індексу продовольчої безпеки України із країнами Європи та світу демонструє негативні результати.

Риба і морепродукти, як продуценти білку, мінеральних речовин, омега-3 жирних кислот, вітамінів групи В, А, а деяка (тунець) і вітаміну D, набувають особливу соціально-економічну значимість і є важливими у раціоні харчування дорослих і дітей. Білок риби легко засвоюється організмом, не викликає алергії, сприяє росту і розвитку тканин, підвищує імунітет та гормональний баланс. Омега-3 жирні кислоти беруть участь у побудові клітинних мембран, синтезі гормонів і нейромедіаторів, регуляції запалення і кровообігу, допомагають знизити холестерол і тригліцериди в крові, а отже, запобігають виникненню інфаркту, інсульту та інших

серцево-судинних захворювань, Саме омега-3 жирні кислоти, які є у рибі і морепродуктах в ідеальній кількості, підтримують когнітивні функції, забезпечують зростання і розвиток мозку у немовлят, а у людей похилого віку – захист від хвороби Альцгеймера. Епідеміологічні, клінічні і харчові дослідження на тваринах і людях встановили, що жир морської риби, який утримує значну кількість поліненасичених омега-3 жирних кислот, дуже корисний для зниження ризику ішемічної хвороби серця та атеросклерозу, а також для запобігання певним формам раку [66, 84].

Риба містить безліч мінеральних елементів від фосфору до йоду, що приймають участь у побудові кісток, підтримці водно-сольового балансу, передачі нервових імпульсів, скороченні м'язів, утворенні гемоглобіну і ферментів. У рибі багато вітамінів групи В, які забезпечують нормальний обмін речовин, енергетичний метаболізм, роботу нервової системи, а вітамін В12 приймає участь у виробництві кров'яних тілець і сприяє профілактиці анемії та дегенеративних захворювань мозку. Вітамін D сприяє засвоєнню кальцію і фосфору, зміцненню кісток і зубів, покращує настрої, сон і апетит.

Проведені дослідження у порівняльному аспекті якості камбали (морська риба), сазана (мешкає в прісних водоймах) та судака (море-лиман) встановили: їстівна частина в камбалі становить 61,3 %, що на 5,5 % та 0,8 % більше, ніж у сазана та судака. Умовно їстівна частина (голова, хрящі, відкладання жиру на кишечнику) в камбалі становить 19,5 %, що на 5,5 % і 3,5 % менше, ніж у судака і сазана. Найменший вихід неїстівної частини у судака (14,9 %), що менше ніж у сазана і камбалі відповідно на 7% та 4,3 %. Із збільшенням маси, збільшується вихід їстівної частини риби. За хімічним складом, найбільша кількість води встановлена в камбалі (81,2±0,97 %, найменша – в сазані (77,4±2,11 %). Вміст білку в рибі коливався у межах 15,9±1,78 – 19,6±0,93%. Найбільшу кількість білку утримувала м'язова тканина судака (19,6 %), найменшу (15,9 %) – камбали. Як показали дослідження авторів, за вмістом жиру усі зразки досліджуваної риби віднесені до 2 категорії жирності (від 2 % до 8 %). Зокрема, вміст жиру в сазані 6,4 % (найвищий), а в судаку – 2,8 % (найменший), в камбалі – в межах 4,8 %. Поживні властивості риби залежать від віку, статі, водойми, в якій вона мешкає. З віком збільшується вміст жиру, зменшується кількість води [36].

За результатами досліджень Кореневої Ж. та ін. [9], у досліджених зразках морської риби (бички, чорноморська форель, чорноморська камбала) вміст білка коливається в межах 15–20 %, жиру – 2–8 %.

Незважаючи на високу корисність риби і морепродуктів, на думку науковців, у період стрімкого розвитку рибної промисловості і забруднення навколишнього середовища, особливого значення має контроль вмісту потенційно токсичних елементів в рибі та морепродуктах [57, 61, 62, 72]. Одними з найбільш небезпечних є важкі метали, які відносяться до консервативних забруднюючих речовин, що не розкладаються в природних умовах, а лише змінюють форми свого існування, перерозподіляючись між

біотичними і абіотичними ланцюгами. Морські організми (риба, молюски, ракоподібні) можуть накопичувати їх у потенційно небезпечних концентраціях та є одним з основних джерел небезпеки для населення [77, 81]. Безпечність риби і морепродуктів є великою проблемою у всьому світі і вимагає забезпечення гарантії безпечності та високої якості на всіх етапах їх виробництва і реалізації.

Наша держава імпортує великі об'єми риби і морепродуктів з Європи, Китаю та східно-азійських країн, які можуть бути небезпечними, адже за стандартами безпеки не відповідають міжнародним Регламентом з безпеки харчових продуктів, але юридично не порушують вітчизняні стандарти та національні стандарти країн, які є торговими постачальниками в Україну. Порівняльний аналіз національних стандартів України з нормативними вимогами ЄС і Китаю показав, що допустимий вміст ртуті у продукції рибного промислу в ДСТУ не перевищує регламенту цих країн. В той же час для миш'яку допустимі концентрації в ДСТУ перевищують європейські і китайські в 10 разів, що край небезпечно для наших споживачів. Зважаючи на актуальність забезпечення мешканців України якісною і безпечною рибною продукцією, вкрай необхідним є редагування національних стандартів щодо таких показників як вміст токсичних елементів, радіонуклідів, пестицидів та інших забруднювачів у відповідності з вимогами стандартів, впроваджених у світову практику, та посилити контроль за дотриманням технічних регламентів при використанні риби і рибних продуктів [7, 13, 15, 32].

Аналіз літературних джерел свідчить, що майже всі види морської риби та молюсків містять сліди ртуті. Деякі види морської риби (акули, риба-меч, королівська скумбрія, королівська макрель) та молюсків містять високу концентрацію ртуті, що може шкодити здоров'ю. Більш низький вміст ртуті – у криветках, консервованому тунцю, лососі, мінтаї і сомі. Тунець альбакор («білий») містить значно більше ртуті, ніж консервований тунець світлий, тому його не варто вживати [45, 54, 72, 73, 77]. Рівні ртуті у морепродуктах залежать від декількох факторів. Зокрема, концентрація ртуті в рибі залежить від віку, розміру, ваги, забруднення середовища, в якому вона жила [44, 47, 62, 96].

Як зазначають учені, ртуть – нейротоксичний важкий метал, який може накопичуватися до токсичних рівнів у біологічних тканинах тварин і людей, та глобальний токсикант для навколишнього середовища, що становить високу загрозу здоров'ю населення, адже може викликати токсичні ураження центральної і периферичної нервової системи, порушувати роботу травної, серцево-судинної та імунної системи [34, 40, 77, 87, 96]. Оскільки ртуть має алергенну, ембріо- і гонадотоксичну дію та може проникати через плацентарний бар'єр, це особливо небезпечно для ненародженій дитині чи нервовій системі немовляти. Навіть в незначних концентраціях ртуть є потенційно небезпечною [51, 62, 69, 72].

За даними Комітету ФАО/ВООЗ, основним джерелом ртуті для населення є харчові продукти. Наявність ртуті у водних системах спричинила, що

риба знаходиться на вершині харчового ланцюга і може накопичувати ртуть, особливо в токсичній формі (метилртуть), у високих кількостях [34, 47, 58, 89, 97]. Тому ВООЗ наголошує на необхідності визначення метилртути в продуктах харчування, особливо у рибі, для забезпечення споживача безпечною продукцією [44, 50, 51, 69, 89, 99].

Встановлено, що 95 % від загального споживання ртуті з їжею надходить через морепродукти. Щоб мінімізувати накопичення ртуті до токсичних рівнів у споживачів, Об'єднаною продовольчою організацією (FAO) і Комітетом експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) з харчових добавок і забруднювачів (JEFCA) рекомендується максимально допустимий тижневий рівень споживання для ртуті 1,6 мкг/кг маси тіла для жінок дітородного віку та 3,3 мкг/кг – для дітей і населення [50].

Беручи до уваги вищезазначене, дослідження вмісту ртуті у рибі і морепродуктах, як показника безпечності, є важливою складовою гарантування продовольчої безпеки України. Результати дослідження імпортової риби і рибної продукції на базі лабораторії атомно-абсорбційної спектрометрії НДІ з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи впродовж 2019–2021 років встановили, що концентрація ртуті у зразках морської риби була на рівні 0,005–0,456 мг/кг, перевищення максимально допустимих рівнів у 1,8 разів встановлено у 0,12 % проб риби сімейства тунцевих. Вміст ртуті у зразках прісноводної риби та морепродуктах був у межах нормативних вимог і відповідно становив: 0,006–0,315 мг/кг та 0,008–0,472 мг/кг. Автори зазначають, що отримані ними результати досліджень підтверджують зростаючу необхідність моніторингу ртуті в продукції, яка надходить із-за кордону та рибопродукції власного виробництва, як індикатора забруднення екосистеми та недопущення до реалізації небезпечних для здоров'я населення риби і морепродуктів [40, 76, 83, 93].

Забруднення стічних вод у навколишнє середовище в останні десятиліття вимагають необхідності у вдосконаленні оцінки хімічних сумішей та їх ризиків, адже антропогенні скиди стічних вод у навколишнє середовище рідко складаються з окремих забруднюючих речовин. Отже, водне середовище багате різноманітними хімічними сумішами. Тому виникла необхідність у вдосконаленні оцінки хімічних сумішей та їх ризиків для навколишнього середовища і людини [53, 93, 94, 95].

Як зазначає Памбук С. А. [22], морепродукти, особливо креветки, здатні акумулювати деякі важкі метали. Порівняльний аналіз європейських і українських допустимих кількостей показав, що норми вмісту деяких з цих елементів в ДСТУ на одиницю два порядки вище.

Найпоширенішими металами забруднювачами у європейських водах є Zn, Cu, Ni, Cr, Pb і Cd, а найбільш токсичними вказані Pb, Ni і Cd. Результати досліджень учених встановили, що порядок ранжування потенційно небезпечних токсичних елементів у філе іспанської скумбрії, філе форелі (райдужної та коричневої), філе сріблястого помфрета такий: Fe > Zn > Cu > загальний Cr > Mn > Ni > Pb > As > метил

Hg > Cd. Неканцерогенний ризик був прийнятним для дорослих споживачів у всіх країнах (НІ > 1 значення [47, 53, 59]. Тканини м'ясоїдних під впливом важких металів накопичували більшу кількість Cd і Pb, а всеїдних *R.utilus* – більшу кількість Cr, Cu, Ni та Zn [92]. Наведені результати свідчать, що споживання риби і морепродуктів за звичайними нормами не спричиняє серйозної проблеми. Однак часте споживання рибних продуктів може мати негативний вплив для населення через вміст потенційно токсичних елементів, зокрема, важких металів [13].

У останні роки в нашій країні була велика тенденція до розведення риби, переважно коропа, у ставках, кар'єрах, невеликих річках або відгороджених сіткою невеликих ділянках річок [6, 17, 18]. Дослідження зразків коропа, виловленого у ставках Сумщини, на наявність токсичних елементів показали, що вміст Свинцю, Кадмію, Ртуті, Миш'яку не перевищував гранично допустимих концентрацій (0,2–1,0 мг/кг) [17].

Однією з причин, що перешкоджає риборозведенню і вирощуванню риби у ставках, є інвазійні та інфекційні захворювання [98]. Захворювання риби впливають негативно на її фізіологічний стан, розвиток, біологічну цінність та викликають масову загибель хворої риби, що спричиняє значні економічні збитки аквакультурі України та світу [5, 6, 90]. Причинами виникнення незаразних хвороб риб (аліментарні і токсикози) є невідповідні умови середовища їх існування: порушення санітарного і гідрохімічного режиму водойм, перепади температури та тиску, травми та інші фактори.

Прісноводна риба може бути носієм сальмонел, кишечної палички, протей і стафілококів через забруднення водойм стічними водами. Споживання такої риби у сирому, в'яленому, копченому вигляді, погано термічно обробленої з довготривалим зберіганням при кімнатній температурі може спричинити важкі харчові захворювання. Санітарна якість риби та її безпечність залежать також від способу вилову. Обсмінення поверхні зразків коропа, карася і товстолоба значно нижче при вилові риби ятерами, ніж неводами [18].

За результатами досліджень науковців зразків риби, відібраних у ряді пунктів дельти Дніпра і Дніпропетровсько-Бузького лиману впродовж 2018–2020 років встановлено, що на всіх ділянках в промисловій рибі є такі види трематод: *Sanguinicola intermis*, *S. volgenais*, *Phyllostomum angulatum*, *Sphaerostoma bramae*, *Asymphylogora imitans*, *Crowcroecums krjabini*, метацеркарії родів *Cotylurus*, *Displostomum*, *Posthodiplostomum*, *Apophallus*, що впливають на якість і безпечність риби [20].

Серед інфекційних захворювань, які найчастіше уражають коропа, є краснуха, некроз зябер, сапролегніоз та запалення плавального міхура, що значно знижує якість отриманої продукції і спричиняє значні економічні збитки [49]. Риба може бути резервуаром небезпечних для людини збудників гельмінтозів [56, 64, 75].

Серед найбільш розповсюджених є такі захворювання як опісторхоз та дифілоботріоз, токсикози і токсикоінфекції людини і тварин [26–32, 39, 56, 64, 86].

Періодично у водоймах Південного регіону України серед паразитарних хвороб карпа виявляють аргульоз, іхтіофтіріоз, ботріоцефальоз, лерніоз, каріоз, диплостомоз та постодиплостомоз [49]. Невідповідна санітарія та традиційні методи приготування їжі спричиняють поширення зоонозних паразитарних захворювань риби серед населення. Найнебезпечнішими з гельмінтів, якими заражається людина через вживання зараженої риби, є нематоди анізакиди та цестооди роду *diphilobothrium* і дигенетичні трематоди родин *Heterophyidae*, *Clonorchis*, *Opistorchiidae* та *Nanophyetidae*. Наявність їх у рибі знижує її якість, псує смак та є небезпечною для людини [31, 88].

Загальний огляд найбільш поширених хвороб коропа у Південному регіоні України, зокрема у Хаджибейському лимані встановив, що найбільш зустрічаються такі хвороби, як краснуха, некроз зябер, бронхіомікоз та сапролегніоз, а з паразитарних – іхтіофтіріоз і аргульоз. Застосування сирі, солоні або копчені риби, поширене в багатьох країнах, потенційно має зоонозний потенціал і може спричинити важкі захворювання у людей [5, 48].

Відповідно аналізу динаміки епізоотичного процесу ураження риб небезпечним захворюванням філометроїдозом впродовж 2019–2021 років на території України найбільший рівень встановлено в північній та, частково, в центральній частині. До неблагополучних віднесено 5 областей: Житомирська, Рівненська, Хмельницька, Черкаська і Волинська [39].

Моніторингові дослідження стану захворюваності риби у водоймах Рівненської області впродовж 2008–2015 років встановили, що забруднення їх стоками комунальних та сільськогосподарських підприємств сприяє виникненню різних інвазійних захворювань щорічно та відповідно збільшуються ризики захворювання людей. В тому числі, було виявлено небезпечне зооантропонозне захворювання дифілоботріоз, збудником якого є велика цестода розміром від 1 до 10 м. Резервуаром цього захворювання є хижі риби, а додатковими живителями – прісноводна риба (щука, окунь, форель, йорж та інші). Людина вражається при поїданні сирі, погано провареної чи прожареної риби [28]. Отже, не слід купувати рибу з рук та в місцях стихійної торгівлі, а для забезпечення високої якості харчової сировини та запобігання розповсюдження захворювань необхідно посилити іхтіологічний контроль та комплексну ветеринарно-санітарну експертизу з обов'язковою санітарною оцінкою якості.

Для лікування і профілактики інфекційних хвороб риби використовують сульфаніламід, антибіотики, нітрофуран, дезінфектанти тощо [63, 78]. Необмежене застосування антибактеріальних препаратів призводить до накопичення їх у водному середовищі і відповідно у риб та рибних продуктах [52, 90, 100]. Зокрема, за результатами досліджень Вауер et al., [52], встановлено наявність залишків ветеринарних препаратів нітрофуранового ряду, антибіотиків, сульфаніламідів у зразках риби з різних регіонів України. Автори зазначають, що у 40 % зразків концентрація сульфаніламідних препаратів була в межах 50–70% ГДК.

В Україні ринок морської риби представлений переважно імпортною, замороженою до температури $-12...-18^{\circ}\text{C}$. За результатами моніторингових досліджень науковців, заморожена риба, яка надходить у торговельну мережу в Україні, не в повному обсязі піддається дослідженню на наявність залишкових кількостей ветеринарних препаратів, токсикантів та забруднювачів. Зокрема, $10,5\pm 0,3\%$ зразків риби містили залишки антибіотиків та антибактеріальні препарати [14]. З 24 лютого 2022 року і до сьогодні досить небезпечна екологічна ситуація склалася в Чорному морі, яка потребує найретельнішого контролю та регламентації перевірки вмісту шкідливих речовин екзогенного походження в рибі та аквакультури, що можуть становити небезпеку для здоров'я людей і тварин [9].

Через свій унікальний склад риба і морепродукти є надзвичайно швидкопсувними. Той факт, що рибальські судна зазвичай виловлюють їх на великій відстані від місць споживання, вимагає ефективного збереження, щоб запобігти псуванню та погіршенню якості продукту. Головним показником якості і безпечності рибної продукції є бактеріальне обсіменіння риби, яке залежить від умов зберігання, ураження гельмінтами, гігієни первинної переробки, стану водойми. Дослідження свіжої риби, яка була допущена в реалізацію на ринках м. Одеса показали, що за органолептичними показниками якісними були лише 76 %, а за фізико-хімічними – лише 62 % зразків. Бактеріологічні дослідження риби сумнівної свіжості за фізико-хімічними показниками встановили, що 14 % проб не відповідали ветеринарно-санітарним вимогам за КМАФАНМ та у 20 % досліджених зразках риби (бички чорноморські) виділено БГКП [21].

Бактеріологічні дослідження м'язової тканини бичків та коропа, виловлених в рибпромислових ділянках Хаджибейського лиману встановили, що МАФАНМ була у межах нормативних вимог (МДР ДСТУ ISO 4833 – 2006), а БГКП, патогенних мікроорганізмів, *Staphylococcus aureus* і *Listeria monocytogenes* не виявлено [5].

Риба і молюски можуть бути уражені патогенними та потенційно патогенні бактеріями: *Streptococcus iniae*, *Clostridium botulinum* типу E, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio* spp, *Salmonella* spp, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Listeria*, аеромонади та інші (Addisu Demeke Teklemariam et al., 2015). За результатами бактеріологічних досліджень прісноводної риби з її поверхневого шару виділено від 48 до 68 мікроорганізмів (мезофільні і факультативно-анаеробні), що свідчить про доцільність ретельної ветеринарно-санітарної експертизи прісноводної риби різних виробників згідно національних стандартів України [1].

Для пригнічення активності бактерій і розвитку метаболічних змін та псування і втрати відповідної якості риби її консервують різними способами [9, 66]. Одним із методів консервування є заморозування, в процесі якого більшість мікроорганізмів втрачає життєздатність і лише обмежено можуть розвиватися психрофільні бактерії, адже температура близько -10°C є межею для їх росту. Дуже повільно можуть розмножуватися деякі плісняві гриби та дріжджі при

температурі від -15 до -18°C . Проте навіть правильно заморожена риба має обмежений термін зберігання, адже низькі температури діють лише бактеріостатично, але не захищають від окислення жиру та втрати води. Стійкість замороженої риби при зберіганні залежить від її початкової якості, дотримання технології заморожування і температури зберігання [68, 82]. Спосіб заморожування значною мірою впливає на якісний склад і кількість мікрофлори риби. При повітряному заморожуванні МАФАНМ товстолобика зменшилась на 6,3 % у порівнянні з обсіменінням риби-сирцю. Тоді як росольне заморожування знижує цей показник на 18,2 %, а при використанні захисного покриття і росольного заморожування – на 22,5 %. Найбільш інтенсивно загибель мікроорганізмів відбувалася у інтервалі від -1°C до -5°C [22].

У процесі заморожування змінюється гістологічна структура тканин риби. У свіжій риби вони еластичні, волокна прилягають щільно одне до одного. Тоді як у мороженої гістологічна структура менш виражена. При повільному і багаторазовому заморожуванні і розморожуванні значно змінюється структура м'язів. Під час заморожування в тканинах утворюються великі кристали льоду і при розморожуванні втрачається сік, а з ним й поживні речовини. У процесі зберігання відмічається зміна кольору, запаху, консистенції та смаку [9].

Важливим методом консервування риби є засолування. Проте, як зазначає Півень О. [25], з метою запобігання потенційної небезпеки для споживачів край важливим є проведення ретельної комплексної ветеринарно-санітарної експертизи. Зокрема, за результатами дослідження автором зразків солоного норвежського оселедця, які відібрані в торгівельній мережі м. Одеса, встановлено 25 % проб сумнівної свіжості і можуть викликати харчові токсикоінфекції і токсикози.

За даними учених, дуже хорошим методом консервування є копчення. У дослідженнях науковців встановлена значна кількість бактерій у сирій риби. Процес копчення спричинив бактерицидну дію і знищив всю патогенну мікрофлору і за якістю ці продукти отримали високу комісійну оцінку [60, 85].

На сьогодні Україна більшу частину морепродуктів, особливо океанічного промислу, отримує в замороженому стані. Високий вміст білків і незначна кількість жиру обумовлює значний попит і використання креветок в дієтичному харчуванні. Проведена товарознавча оцінка зразків креветок варено-морожених показала, що більшість виробників вказують на упаковці масу нетто із урахуванням глазури, що є порушенням вимог нормативного документу. А дійсна маса нетто продукту менша майже у 2 рази, ніж зазначена на упаковці. За результатами бактеріологічних досліджень, 60 % досліджених зразків не відповідали вимогам за кількістю МАФАНМ, що свідчить про неналежну якість сировини, порушення режимів технологічної обробки, неналежний санітарний стан підприємства і персоналу та небезпечність для споживача [15].

Огляд креветок варено-морожених в торгівельній мережі м. Одеса встановив, що усі виробники

виготовляють продукцію за розробленими власними Технічними умовами і не використовують ДСТУ 4440:2005 «Креветки морожені. Технічні умови». Основною проблемою якості крабових паличок є те, що усі виробники України використовують сировину з Азії, а тому крабові палички виготовляються з сировини невідомого складу та різних харчових добавок, що становить велику потенційну небезпеку для споживача [22].

Найпоширенішою проблемою фальсифікації і зниження якості заморожених морепродуктів є велика кількість льодової глазури, що не захищає продукт від зневоднення, але додає надмірну масу і некоректне маркування, тобто повинна бути вказана маса нетто без урахування глазури. Недосконалість національних нормативних документів щодо морепродуктів дає можливість завозити сировину для виготовлення крабових паличок невідомого складу. Заморожена продукція повністю знеособлена, відсутні розподілення по гатункам, а невідповідність діючих нормативних документів і відсутність певних методів визначення свіжості викликають необхідність доповнення і гармонізацію їх зі світовими стандартами [22].

Результати комплексної ветсанекспертизи мідій свіжих з екваторії селища Ліски і пляжу «Дельфін» м. Одеса та варено-морожених, закуплених на ринку, виробництва Китай і Чілі показали, що за органолептичними і фізико-хімічними показниками всі зразки відповідали нормативним вимогам. Тоді як бактеріологічні дослідження встановили перевищення КМАФАНМ у зразках свіжих мідій і були виявлені бактерії групи кишкової палички, а отже є потенційна небезпека для споживача [37].

Делікатесним, дієтичним продуктом високої комерційної вартості є устриці, яких споживають живцем. Однак, вони є швидкопсувним харчовим продуктом. Причиною їх псування крім патогенних мікроорганізмів є активна дія власних ферментів. Навіть свіжі, якісні устриці містять певну кількість мікроорганізмів, кількість яких під час зберігання невинно зростає. Тому питання санітарно-гігієнічного контролю під час вирощування і реалізації постійно знаходиться у центрі уваги санітарних служб у країнах, які вирощують їстівних моллюсків у промислових обсягах. ВООЗ наголошує на важливості санітарного контролю за дотриманням гігієнічних вимог у процесі природнього видобутку та культивування двустоволових моллюсків для забезпечення їх безпечності. Автор зазначає, що обсіменіння устриць патогенною мікрофлорою (бактеріями роду *Salmonella*) можливе у разі забруднення берегових вод неочищеними стоками. Тому вилов для споживання відбувається лише у контрольованих ветеринарно-санітарною службою промислових зонах [41].

Через значне антропогенне, в тому числі радіоактивне навантаження на водне середовище, край важливим є кількісний аналіз вмісту радіонуклідів не лише у водному середовищі, а й у риби та рибних продуктах, як найбільш наближених об'єктах по трофічному ланцюгу до людини. Тому стоїть питання безпечності гідробіонтів за їх вмістом з метою мінімізації надходження до споживача, адже вони здатні до накопичення.

Зручним об'єктом для оцінки радіоекологічного стану водойми та вмісту радіонуклідів в рибі є товстолобик, за способом живлення який фітопланктофаг. Дослідження білого товстолоба Запорізького водосховища встановили, що найбільшу накопичувальну здатність до ^{137}Cs мають м'язова та кісткова тканини, найменшу – луска та зябра риб. Зі збільшенням віку риби відбувається достовірне збільшення вмісту ^{137}Cs . Вміст ^{90}Sr був значно менший, ніж ^{137}Cs і коливався в межах 1,7–7,1 Бк/кг сирової маси. Коефіцієнт накопичування в рибі ^{137}Cs в 3 рази вище, ніж ^{90}Sr . Навесні вміст радіоактивних речовин є набагато вищий, ніж в осени. Середній вміст ^{137}Cs в тканинах і органах був на рівні від 10 до 12 Бк/кг, а ^{90}Sr – 2,5–6,0 Бк/кг, що є в межах допустимих в Україні рівнів (ДР-2006), а отже придатний для споживання [33].

За вмістом радіонуклідів в м'ясі всіх видів риб Першотравневського водосховища Дніпропетровської області (Україна) провідна роль належить ^{40}K , а мінімальний вміст становить ^{90}Sr . За встановленими коефіцієнтами накопичення радіонуклідів найбільш інтенсивно у порівнянні з іншими накопичується ^{90}Sr , а отже є основним чинником внутрішньої дози опромінення. Найбільший рівень радіонуклідів серед досліджуваних зразків риб встановлено у карасі сріблястому, що пояснюється його живленням та способом ^{90}Sr життя. Проте рівень вмісту радіонуклідів у досліджуваних зразках риби був значно нижчий за затверджені в Україні норми [16].

Визначення умісту штучних та природних радіонуклідів і закономірності їх накопичення у тканинах живих промислових риб (окунь річковий і судак звичайний) Запорізького водосховища показали, що їх вміст у тканинах окуня був вищий, ймовірно через більш високий спектр його харчування. Коефіцієнт накопичення (КН) ^{137}Cs перевищував КН ^{90}Sr у середньому в 6 разів, а КН ^{40}K – у 25 разів. Це свідчить про надзвичайно високу щільність зв'язування ^{137}Cs з біологічними тканинами, що є потенційним ризиком для споживача. Порівняльний аналіз вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr у м'язовій тканині окуневих промислових риб Запорізького водосховища встановив, що їх концентрація є в межах гігієнічних вимог ОСП-2006 України [2].

Оцінка колективних ефективних доз внутрішнього опромінення населення України від випромінювання радіонуклідів внаслідок вживання регіональних морепродуктів, що виготовляються зі шпроту і мерлангу, встановила домінуючу роль ^{210}Po [79, 80].

Результати досліджень Пахомської О.В., Терещук А.С. [24], свідчать, що на вітчизняних продовольчих ринках виникла велика низка гострих проблем щодо якості і безпечності харчових продуктів та виявлення порушень в ланцюзі «виробництво сировини – її перероблення та виробництво готової продукції – зберігання – поставка в торговельну мережу – реалізація – споживання, в тому числі риби і морепродуктів, особливого значення має посилення контролю за вмістом потенційно токсичних елементів в рибі та морепродуктах, що є складовою продовольчої безпеки.

Підсумовуючи результати ветеринарно-санітарної оцінки риби і морепродуктів, необхідно зазначити, що вони володіють високими харчовими якостями як джерело білка та необхідних для організму людини поживних речовин, це викликає великий інтерес споживачів до їх якості і безпечності. Саме тому для усунення потенційних небезпек і забезпечення високої якості при виробництві риби і рибної продукції необхідно впроваджувати систему НАССР та застосовувати міжнародні стандарти.

Сьогодні, навіть у країнах, де ефективно функціонує система швидкого сповіщення про якість і безпечність харчових продуктів і кормів (RASFF), є випадки потрапляння небезпечних продуктів харчування на ринок ЄС. Але саме завдяки RASFF було попереджено кілька ризиків щодо безпечності продуктів харчування і вони не надійшли до споживача [8]. Застосування системи сповіщень в Україні суттєво знизить ризики під час купівлі харчових продуктів через електронну мережу.

Висновки

Метою здійснення огляду було надати ветеринарно-санітарну оцінку риби і морепродуктам за показниками якості і безпечності у світлі сучасних досліджень для забезпечення безпеки споживача, адже у період стрімкого розвитку рибної промисловості і техногенного забруднення навколишнього середовища, особливого значення має посилення контролю за вмістом потенційно токсичних елементів, що є складовою продовольчої безпеки.

1. Риба і морепродукти – це унікальні продукти за поживними речовинами, біологічною цінністю, рентабельністю виробництва та попитом на споживчому ринку.

2. Екологічна безпека довколишнього середовища і захист населення від впливу негативних природних та антропогенних екоотоксикантів, які головним чином потрапляють через продукти харчування, в тому числі через рибу і морепродукти, є однією з головних проблем сьогодення. Одним із дієвих засобів такого забезпечення є ветеринарно-санітарне інспектування.

3. Для забезпечення виробництва безпечної риби і морепродуктів, їх конкурентоспроможності на зовнішньому ринку і довіру споживачів на внутрішньому найбільш доцільним є запровадження міжнародних стандартів, в тому числі харчового законодавства ЄС, дієвої системи НАССР, упровадження процедури виведення продукції на зовнішні ринки відповідно до міжнародних норм.

Перспективи подальших досліджень будуть направлені на моніторингові дослідження якості риби і морепродуктів в Україні як одного з дієвих заходів захисту споживача.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Altanova, N. M., & Liasota, V. P. (2020). Bezpeka ta yakist ryby prysnovodnoi riznykh vyrobnykiv Mykolaivskoi oblasti. *Aktualni problemy veterynarnoi medytsyny: materialy naukovo-praktychnoi konferentsii mahistrantiv. 20 lystopada 2020 r. Biloserkivskiyi NAU.* (pp. 3–4). Bila Tserkva [in Ukrainian]
- Ananieva, T. V., & Shymko, S. M. (2016). Vmist radioaktyvnykh rechovyh u tkanyakh okunevykh ryb Zaporizkoho vodokhovyscha. *Suchasni ekolohichni problemy Ukrainskoho Polissia ta sumizhnykh terytorii (do 30-oi richnytsi avarii na ChAES): materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (20-22 kvitnia 2016 roku).* (pp. 70–73). Nizhyn [in Ukrainian]
- Bohatko, N. M., Salata, V. Z., Semaniuk, V. I., Dzhmil, O. M., & Holub, O. Yu. (2010). Stan derzhavnogo nahliadu v Ukraini za yakisti ta bezpekoiu rybnoi produktsii. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 12 (3(45.4)), 113–119. [in Ukrainian]
- Hobela, V., Melnyk, S., & Kurliak, M. (2022). Food security of Ukraine against the war background: assessment and trends forecasting. *Digital Economy and Economic Security*, 2 (02), 92–98. <https://doi.org/10.32782/dees.2-16>
- Holubenko, O., Tarasenko, L., & Rud, V. (2023). Microbiological indicators of fish meat from the Khadzhibey estuary. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 106, 82–85. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2023.106.09>
- Koval, O., Holubenko, O., Rud, V., & Tarasenko, L. (2021). Veterinary and sanitary assessment of fish quality and safety in the southern region of Ukraine (review article). *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 99. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2021.99.06>
- Dyudyaeva, O. A., & Beh, V. V. (2020). Food safety of Ukrainian products of aquaculture as the guaranteed prerequisites of external market. *Water Bioresources and Aquaculture*, 1, 44–60. <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5>
- YEMCHENKO, I. (2022). Measures to prevent dangerous food products from entering the EU. *Tovaroznavchyy Visnyk*, 2 (15), 124–135. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2022-16-11>
- Koreneva, Z., Rodionova K., Roshal, L., Ovcharenko, G., Mazurenko, Y., Naidich, O., & Baharovska, V. (2023). Safety and quality of marine fish depend from the method of conservation. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 107. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2023.107.01>
- Kotelevych, V. A. (2019). Actual problems of quality and safety of food products in the context of providing food security in the Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 21 (93), 155–159. <https://doi.org/10.32718/nvvet9327>
- Kotelevych, V., Volkivskiy, I., Pinskyi, O., & Davydenko, L. (2021). Food quality and safety as the keys to the health of future generations. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23 (103), 179–186. <https://doi.org/10.32718/nvvet10325>
- Kotelevych, V. A., Volkivskiy, I. A., Pinskyi, O. V., Matseiko, L. V., Davydenko, L. M., & Stoliarenko, O. V. (2022). Veterinary and sanitary assessment of food products on quality and safety indicators in Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (105), 120–128. <https://doi.org/10.32718/nvvet10517>
- Lykholat, O., Vyshnikina, O., & Sabirov, O. (2022). Standardization of potentially toxic elements content in fish and seafood products: comparative analysis of international standards and DSTU. *Economy and Society*, 40. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-79>
- Malimon, Z. V., Kukhtyn, M. D., Grynevych, N. E., & Azyrkina, I. M. (2018). Veterinary and sanitary evaluation of frozen fish imported into Ukraine for presence of antibacterial substances residues. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (88), 36–41. <https://doi.org/10.32718/nvvet8806>
- Mardar, M. R., Pambuk, S. A., & Liashenko, Yu. O. (2014). Deiaki aspekty bezpechnosti krevetok vareno-morozhenykh. *Kharchova Nauka ta Tekhnolohiia*, 2 (27), 61–64. [in Ukrainian]
- Marenkov, O., Korzhenevska, P., & Golub, I. (2022). Accumulation of radionuclides of natural and artificial origin by fish of the Pervotravensk reservoir. *Ecological Sciences*, 42 (3), 43–48. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42-7>
- Nazarenko, S., Bublyk, A., & Nazarova E. (2019). Sanitary evaluation of fishes fished from the ponds of the Sumy region. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 3 (46), 54–60. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2019.3.8>
- Nazarenko, S. M. (2022). Otsinka sanitarnykh pokaznykiv ryby v zalezhnosti vid metodiv yii vylovu. *Naukovi chytannia. Ekoloho-rehionalni problemy suchasnoho tvarynyntstva ta veterynarnoi medytsyny.* (pp. 210–214). Zhytomyr: Poliskyyi natsionalnyi universytet [in Ukrainian]
- Naidich, O. V., Khimych, M. S., & Onishchenko, O. V. (2012). Veterynarno-sanitarna ekspertyza produktiv prerobky hidrobiontiv: Konspekt lektsii. *Odesa: Ekolohiia* [in Ukrainian]
- Olifirenko, V. V., Cornienko, V. O., & Olifirenko, A. A. (2020). Features of industrial fish parasitofuna in separate sites of the Dneprovsko-Buzhyi embassy. *Water Bioresources and Aquaculture*, 1, 34–43. <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.4>
- Onishchenko, O. V. (2008). Veterynarno-sanitarna ekspertyza promyslovoi ryby, yaka nadkhodyt na rynky pivdnia Ukrainy. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho. Seriya: Veterynarni Nauky*, 10 (4(39)), 196–199. [in Ukrainian]
- Pambuk, S. A. (2018). Problemy yakosti zamorozhenykh moreproduktiv, shcho predstavleni na suchasnomu rynku Ukrainy. *Scientific Works*, 48, 60–63. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v0i48.787> [in Ukrainian]
- Pahomska, O. (2021). Food products - quality and safety problems. *Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University*, 11 (2), 29. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2021-2-29>
- Pakhomska, O. V., & Tereshchuk, A. S. (2020). Aktualni problemy yakosti i bezpechnosti kharchovoi produktsii. *Mizhnarodna naukovo-praktychna internet- konferentsiia, 24 lystopada 2020 roku.* (pp. 203–205). Melitopol: Tavriiskyyi derzhavnyi ahrotekhnolohichniy universytet imeni Dmytra Motornoho [in Ukrainian]
- Piven, O. (2022). Monitoring of separated quality indicators of herring in the commercial network of Odessa. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 104, 59–64. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2022.104.07>
- Poltavchenko, T. V., & Parfeniuk, I. A. (2015). Monitoryng yakosti ta bezpechnosti morskoi ryby ta morskyykh hidrobiontiv. *Suchasne materialoznavstvo ta tovaroznavstvo: teoriia, praktyka, osvita: materialy II mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (m. Poltava, 25-26 bereznia 2015 roku).* (pp. 203–205). Poltava: PUET [in Ukrainian]
- Poltavchenko, T. V., & Parfeniuk, I. O. (2015). Monitoryng protozoinykh zakhvoriuvan stavovoi ryby v rybnytskyykh hospodarstvakh Rivnenskoj oblasti. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 17 (2(62)), 88–193. [in Ukrainian]
- Poltavchenko, T. V. (2016). Dynamics of fish morbidity of ichtyophthiriosis in fish farms in Rivne region. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*, 1 (73), 107–113.
- Poltavchenko, T. V., & Budnik, Z. V. (2022). Vplyv zminy klimatu na poshyrennia filometroidozu ryb na terytorii Ukrainy. *Stratehiia staloho rozvytku Ukrainy: sohodennia ta perspektyvy: materialy 2 Vseukrainskoi internet-konferentsii, prysviachenoj 30-richchiu kafedry ekolohii, tekhnologii zakhystu navkolyshnoho seredovyshcha ta lisovoho hospodarstva natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia.* (pp. 139–141). Rivne: NUVHP [in Ukrainian]
- Poltavchenko, T. V., Budnik, Z. M., Stetsiuk, L. M., & Antoniuk, R. A. (2021). Ekolohichni aspekty poshyrennia trematodoziv ikhtiofauny Mlynivskoho vodokhovyscha. *Visnyk Natsionalnoho Universytetu Vodnoho Hospodarstva ta Pryrodokorystuvannia*, 2 (94), 14–24. [in Ukrainian]
- Poltavchenko, T. (2016). Disease incidence fish on krustatseosis in Rivne region. *Scientific Horizons*, 1 (53), 233–237.
- Poltavchenko, T. (2017). Condition of fish disease on branhiomyces and saprolegniosis in Rivne region. *Scientific Messenger of LNU*

- of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 19 (73), 101–103. <https://doi.org/10.15421/nvvet7321>
33. Prosianny, Yu. I., & Ananieva, T. V. (2015). Radionuklidne zabrudnennia biloho tovstolobka Zaporizkoho vodoshkovyshcha. *Naukovi Zapysky Ternopilskoho Natsionalnoho Pedahohichnoho Universyetu. Seriya: Biolohiia*, 3-4 (64), 557–561. [in Ukrainian]
 34. Smoliar, V. I. & Petrashenko, H. I. (2008). Rtut u kharchovykh produktakh i ratsionakh ta yii toksychnist. *Problemy Kharchuvannia*, 3-4. 23–31. [in Ukrainian].
 35. Spodar, K. V., Karbivnycha, T. V., Lisnichenko, O. O., & Sokolova, Ye. B. (2019). Analysis of organization of work on improving the safety and competitiveness of products on the fisheries enterprise. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 5 (2), 110–113. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-2/20>
 36. Uminskyi, M. S., Korenieva, Zh. B., & Holovanova, A. I. (2019). Porivniannia masovoho i khimichnoho skladu morskoi ryby ta ryby lymaniv Odeskoi oblasti. *Suchasni problemy bioezpeky v Ukraini: materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, 18-19 zhovtnia 2019 roku*. (pp. 74–77). Poltava [in Ukrainian]
 37. Fodchenko, I. A., & Kasianchuk, V. V. (2016). Veteryarno-sanitarna ekspertyza midii v Odeskii oblasti. *Problemy Zoonozhenarii ta Veteryarnoi Medytsyny*, 32 (2), 219–229. [in Ukrainian]
 38. Fotina, T. I., Berezovskiy, A. V., Petrov, R. V., & Horchanok, N. V. (2013). *Veteryarno-sanitarna ekspertyza ryby, morskyyh ssaivtsiv ta bezkhibetnykh tvaryn: navchalnyi posibnyk*. Vinnytsia: Nova knyha [in Ukrainian]
 39. Chechet, O. M., Lytvynenko, O. P., Miroshnichenko, O. I., Poltavchenko, T. V., & Budnik, Z. M. (2022). Dynamika poshyrennia filometroidozu ryb na terytorii Ukrainy za period 2019–2021 roky. *Visnyk Natsionalnoho Universyetu Vodnoho Hospodarstva ta Pryrodokorystuvannia*, 3 (99), 138–148. [in Ukrainian]
 40. Shuliak, S., Chechet, O., Haidei, O., Dobrozhan, Y., Kobys, A., Liniichuk, N., Krushelnitska, O., & Gutyj, B. (2022). Analysis of the results of research into the mercury content in fish and seafood during import-export operations in Ukraine for 2019–2021. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24 (108), 16–20. <https://doi.org/10.32718/nvvet10803>
 41. Yaroshevych, T. (2019). Special aspects of expertise of oysters. *Tovaroznavchyy Visnik*, 1 (12), 49–57. <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2019-12-05>
 42. Iatsenko, I. V., Bohatko, N. M., & Bukalova, N. V. (2017). *Hihiena i ekspertyza kharchovykh tvarynykh hidrobiontiv ta produktiv yikh pererobky. Chastyna I. Kharkiv: Disa plus* [in Ukrainian]
 43. Teklemariam, A. D., Tessema, F., Abayneh, T. (2015). Review on Evaluation of Safety of Fish and Fish Products. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 3 (2), 111–117.
 44. Annibaldi, A., Truzzi, C., Carnevali, O., Pignalosa, P., Api, M., Scarpioni, G., & Illuminati, S. (2019). Determination of Hg in Farmed and Wild Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) Muscle. *Molecules*, 24 (7), 1273. <https://doi.org/10.3390/molecules24071273>
 45. Bosch, A. C., O'Neill, B., Sigge, G. O., Kerwath, S. E., & Hoffman, L. C. (2016). Mercury accumulation in Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) with regards to muscle type, muscle position and fish size. *Food Chemistry*, 190, 351–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.109>
 46. Alipour, M., Sarafraz, M., Chavoshi, H., Bay, A., Nematollahi, A., Sadani, M., Fakhri, Y., Vasseghian, Y., & Mousavi Khaneghah, A. (2021). The concentration and probabilistic risk assessment of potentially toxic elements in fillets of silver pomfret (*Pampus argenteus*): A global systematic review and meta-analysis. *Journal of Environmental Sciences*, 100, 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.07.014>
 47. Andr as, P., Dadova, J., Romancik, R., Borošova, D., Midula, P., & Dirner, V. (2021). Mercury in fish tissues in the area of Malachov Hg-ore deposit (Slovakia). *Environmental Geochemistry and Health*, 43 (9), 3675–3681. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00861-x>
 48. Aschfalk, A., & Müller, W. (2002). Clostridium perfringens toxin types from wild-caught Atlantic cod (*Gadus morhua* L.), determined by PCR and ELISA. *Canadian Journal of Microbiology*, 48 (4), 365–368. <https://doi.org/10.1139/w02-015>
 49. Avise, J. C. (2017). Ichthyology. *From Aardvarks to Zoonxanthellae*, 55–66. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71625-1_5
 50. Balshaw, S., Edwards, J. W., Ross, K. E., & Daughtry, B. J. (2008). Mercury distribution in the muscular tissue of farmed southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) is inversely related to the lipid content of tissues. *Food Chemistry*, 111 (3), 616–621. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.041>
 51. Baishaw, S., Edwards, J., Daughtry, B., & Ross, K. (2007). Mercury in seafood: Mechanisms of accumulation and consequences for consumer health. *Reviews on Environmental Health*, 22 (2). <https://doi.org/10.1515/reveh.2007.22.2.91>
 52. Bayer, E. V., Novozhitskaya, Yu. N., Shevchenko, L. V., & Mykhaslka, V. M. (2017). Monitoring of residues of veterinary preparations in food products. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (3), 251–257. https://doi.org/10.15421/2017_76
 53. Bopp, S. K., Barouki, R., Brack, W., Dalla Costa, S., Dorne, J.-L. C. M., Drakvik, P. E., Faust, M., Karjalainen, T. K., Kephelopoulou, S., van Klaveren, J., Kolossa-Gehring, M., Kortenkamp, A., Lebrecht, E., Lettieri, T., Norager, S., Ruegg, J., Tarazona, J. V., Trier, X., van de Water, B., Gils, J., & Bergman, . (2018). Current EU research activities on combined exposure to multiple chemicals. *Environment International*, 120, 544–562. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.037>
 54. Burger, J., & Gochfeld, M. (2004). Mercury in canned tuna: white versus light and temporal variation. *Environmental Research*, 96 (3), 239–249. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2003.12.001>
 55. Castro-González, M. I., & Méndez-Armenta, M. (2008). Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26 (3), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.06.001>
 56. Chai, J.-Y., Darwin Murrell, K., & Lumbery, A. J. (2005). Fishborne parasitic zoonoses: Status and issues. *International Journal for Parasitology*, 35 (11–12), 1233–1254. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.07.013>
 57. Chebet, L. (2010). Rapid (alternative) methods for evaluation of fish freshness and quality University of Akureyri Faculty of Business and Science Department of Natural Resource Sciences. *Masters thesis*. Akureyri, Uganda.
 58. Chen, C. Y., Driscoll, C. T., Lambert, K. F., Mason, R. P., Rardin, L. R., Serrell, N., & Sunderland, E. M. (2012). Marine mercury fate: From sources to seafood consumers. *Environmental Research*, 119, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.10.001>
 59. Djedjibegovic, J., Marjanovic, A., Tahirovic, D., Caklovica, K., Turalic, A., Lugusic, A., Omeragic, E., Sober, M., & Caklovica, F. (2020). Heavy metals in commercial fish and seafood products and risk assessment in adult population in Bosnia and Herzegovina. *Scientific Reports*, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70205-9>
 60. Doe, P., Sikorski, Z., Haard, N., Olley, J., & Pan, B. S. (2017). Basic Principles. *Fish Drying & Smoking*, 13–45. <https://doi.org/10.1201/9780203756003-2>
 61. Fakhri, Y., Nematollahi, A., Abdi-Moghadam, Z., Daraei, H., Ghasemi, S. M., & Thai, V. N. (2020). Concentration of potentially harmful elements (PHEs) in trout fillet (Rainbow and Brown) fish: a global systematic review and meta-analysis and health risk assessment. *Biological Trace Element Research*, 199 (8), 3089–3101. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02419-x>
 62. Goyanna, F. A. A., Fernandes, M. B., Silva, G. B. da, & Lacerda, L. D. de. (2023). Mercury in oceanic upper trophic level sharks and bony fishes - A systematic review. *Environmental Pollution*, 318, 120821. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120821>
 63. Grynevych, N., Sliusarenko, A., Dyman, T., Sliusarenko, S., Gutyj, B., Kukhtyn, M., Hunchak, V., & Kushnir, V. (2018). Etiology and histopathological alterations in some body organs of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) at nitrite poisoning. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 402–408. https://doi.org/10.15421/2018_228
 64. Di Giulio, R. T., & Hinton, D. E. (Eds.). (2008). *The Toxicology of Fishes*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203647295>
 65. Belichovska, K., Belichovska, D., & Pejkovski, Z. (2019). Smoke and Smoked Fish Production. *Meat Technology*, 60 (1), 37–43. <https://doi.org/10.18485/meattech.2019.60.1.6>
 66. Hastein, T., Hjeltnes, B., Lillehaug, A., Utne Skare, J., Berntssen, M., & Lundebye, A. K. (2006). Peligros para la inocuidad de los alimentos que surgen durante la fase de producción: problemas de la piscicultura y la industria piscicola. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 25 (2), 607–625. <https://doi.org/10.20506/rst.25.2.1678>
 67. Hight, S. C., & Cheng, J. (2006). Determination of methylmercury and estimation of total mercury in seafood using high performance liquid chromatography (HPLC) and inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS): Method development and validation. *Analytica Chimica Acta*, 567 (2), 160–172. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.03.048>

68. Huidobro, A., & Tejada, M. (2004). Gilthead seabream (*Sparus aurata*): suitability for freezing and commercial alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (11), 1405–1413. Portico. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1827>
69. Huss, H. H., Ababouch, L., & Gram, L. (2003). *Assessment and management of seafood safety and quality FAO Fisheries Technical Paper. No. 444*. Rome, FAO.
70. Jay, J., Loessner, M., & Golden, D. (2005). Modern food microbiology. *Tropical Science*, 29, 221–236.
71. Ibrahim, M. (2014). Studies on some fish parasites of public health importance in the southern area of Saudi Arabia. *Fish and Plant-Borne Parasites*, 5, 211–240.
72. García-Hernández, J., Ortega-Vélez, M. I., Contreras-Paniagua, A. D., Aguilera-Márquez, D., Leyva-García, G., & Torre, J. (2018). Mercury concentrations in seafood and the associated risk in women with high fish consumption from coastal villages of Sonora, Mexico. *Food and Chemical Toxicology*, 120, 367–377. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.07.029>
73. Jinadasa, B. K. K. K., & Fowler, S. W. (2019). Critical review of mercury contamination in Sri Lankan fish and aquatic products. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110526. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110526>
74. Karimi, R., Fitzgerald, T. P., & Fisher, N. S. (2012). A Quantitative synthesis of mercury in commercial seafood and implications for exposure in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 120 (11), 1512–1519. <https://doi.org/10.1289/ehp.1205122>
75. Khalil, M. I., El-Shahawy, I. S., & Abdelkader, H. S. (2014). Studies on some fish parasites of public health importance in the southern area of Saudi Arabia. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 23 (4), 435–442. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612014082>
76. Parker, K. H., Bishop, J. M., Serieys, L. E. K., Mateo, R., Camarero, P. R., & Leighton, G. R. M. (2023). A heavy burden: Metal exposure across the land-ocean continuum in an adaptable carnivore. *Environmental Pollution*, 327, 121585. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121585>
77. Kimáková, T., Kuzmová, L., Nevolná, Z., & Bencko, V. (2018). Fish and fish products as risk factors of mercury exposure. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25 (3), 488–493. <https://doi.org/10.26444/aaem/84934>
78. Kovalenko, V. L., Kovalenko, P. L., Ponomarenko, G. V., Kukhtyn, M. D., Midyk, S. V., Horiuk, Yu. V., & Garkavenko, V. M. (2018). Changes in lipid composition of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* cells under the influence of disinfectants Barez®, Biochlor® and Geocide®. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 547–550. https://doi.org/10.15421/2018_248
79. Lazorenko, G. E. (2015). A sssessment of 210Po doses in fish and shellfishes of the Black Sea. *3rd International Conference on Po and Radioactive Pb Isotopes (Kusadasi, Turkey, 11–14 Oct., 2015)*. (p 137). Izmir.
80. Lazorenko, G., & Polikarpov, G. (2012). Po-210 as an indicator of biosedimentation processes in the Black Sea. *INSINUME 2012: 6th International Symposium on in Situ Nuclear Metrology as a Tool for Radioecology: Book of Abstr. (Brussels, Belgium, 11–15 June, 2012)*. (p. 53). Brussels.
81. Lares, M. L., Huerta-Díaz, M. A., Marinone, S. G., & Valdez-Márquez, M. (2012). Mercury and Cadmium concentrations in farmed bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) and the suitability of using the caudal peduncle muscle tissue as a monitoring tool. *Journal of Food Protection*, 75 (4), 725–730. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-11-447>
82. Lymer, D., Martin, F., Marmulla, G., & Bartley, D. M. (Eds.). (2016). *Freshwater, Fish and the Future: Proceedings of the Global Cross-Sectoral Conference. Freshwater, Fish and the Future: Proceedings of the Global Cross-Sectoral Conference*. <https://doi.org/10.47886/9789251092637.ch7>
83. Al-Sulaiti, M. M., Soubra, L., Ramadan, G. A., Ahmed, A. Q. S., & Al-Ghouti, M. A. (2023). Total Hg levels distribution in fish and fish products and their relationships with fish types, weights, and protein and lipid contents: A multivariate analysis. *Food Chemistry*, 421, 136163. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136163>
84. Mathieu-Resuge, M., Le Grand, F., Brosset, P., Lebigre, C., Soudant, P., Vagner, M., Pecquerie, L., & Sardenne, F. (2023). Red muscle of small pelagic fishes' fillets are high-quality sources of essential fatty acids. *Journal of Food Composition and Analysis*, 120, 105304. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105304>
85. Moneim, E., Sulieman, A. A., Mustafa, W., & Shommo, S. A. M. (2018). Assessment of the quality of smoked fish obtained from white Nile River. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 7, 20–25.
86. Noga, E. J. (2012). *Fish disease. Second edition*. Blackwell Publishing.
87. Nortje, J. (2010). Determination of total mercury in fish and biological tissue using a direct mercury analyzer. *American Laboratory*, 42 (5), 36–37.
88. Omar, S. (2014). The impact of fish parasites on human health. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 44 (1), 249–274.
89. Piras, P., Bella, A., Cossu, M., Fiori, G., Sanna, A., & Chessa, G. (2020). A representative sampling of tuna muscle for mercury control. *Italian Journal of Food Safety*, 9 (4). <https://doi.org/10.4081/ijfs.2020.9055>
90. Rico, A., Satapornvanit, K., Haque, M. M., Min, J., Nguyen, P. T., Telfer, T. C., & van den Brink, P. J. (2012). Use of chemicals and biological products in Asian aquaculture and their potential environmental risks: a critical review. *Reviews in Aquaculture*, 4 (2), 75–93. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01062.x>
91. Ruelas-Inzunza, J., Patiño-Mejía, C., Soto-Jiménez, M., Barba-Quintero, G., & Spanopoulos-Hernández, M. (2011). Total mercury in canned yellowfin tuna *Thunnus albacares* marketed in northwest Mexico. *Food and Chemical Toxicology*, 49 (12), 3070–3073. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.07.030>
92. Sauliutė, G., Markuckas, A., & Stankevičiūtė, M. (2011). Response patterns of biomarkers in omnivorous and carnivorous fish species exposed to multicomponent metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn) mixture. *Part III. Ecotoxicology*, 29 (3), 258–274. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02170-y>
93. Ulusoy, Ş. (2023). Determination of toxic metals in canned tuna sold in developed and developing countries: Health risk assessment associated with human consumption. *Marine Pollution Bulletin*, 187, 114518. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114518>
94. Thai, V. N., Dehbandi, R., Fakhri, Y., Sarafraz, M., Nematollahi, A., Dehghani, S. S., Gholizadeh, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2020). Potentially Toxic Elements (PTEs) in the Fillet of Narrow-Barred Spanish Mackerel (*Scomberomorus commerson*). *Global Systematic Review, Meta-analysis and Risk Assessment. Biological Trace Element Research*, 21. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02476-2>
95. Utomo, S. W., Rahmadina, F., Wispriyono, B., Kusnopranto, H., & Asyary, A. (2021). Metal contents of lake fish in area close to disposal of industrial waste. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2021/6675374>
96. Yoshino, K., Mori, K., Kanaya, G., Kojima, S., Henmi, Y., Matsuyama, A., & Yamamoto, M. (2020). Food sources are more important than biomagnification on mercury bioaccumulation in marine fishes. *Environmental Pollution*, 262, 113982. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113982>
97. Wang, W.-X. (2012). Biodynamic understanding of mercury accumulation in marine and freshwater fish. *Advances in Environmental Research*, 1 (1), 15–35. <https://doi.org/10.12989/aer.2012.1.1.015>
98. Zazharska, V. M., Kuzak, R. S., Biben, I. A., & Kuneva, L. V. (2017). Veterinary and sanitary examination. Dnipro.
99. Zupo, V., Graber, G., Kamel, S., Plichta, V., Granitzer, S., Gundacker, C., & Wittmann, K. J. (2019). Mercury accumulation in freshwater and marine fish from the wild and from aquaculture ponds. *Environmental Pollution*, 255, 112975. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.112975>
100. Zhang, R., Tang, J., Li, J., Zheng, Q., Liu, D., Chen, Y., Zou, Y., Chen, X., Luo, C., & Zhang, G. (2013). Antibiotics in the offshore waters of the Bohai Sea and the Yellow Sea in China: Occurrence, distribution and ecological risks. *Environmental Pollution*, 174, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.11.008>

ORCID

- V. Kotelevych  <https://orcid.org/0000-0002-5886-1917>
 S. Huralska  <https://orcid.org/0000-0001-7383-1989>
 V. Honcharenko  <https://orcid.org/0000-0002-2183-8828>



© 2023 Kotelevych V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.