

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сона Михайла Олеговича

«Біологічні інвазії водних донних безхребетних в Азово-Чорноморському басейні», подану до спеціалізованої вченої ради Д 41.258.01 при Державній установі «Інститут морської біології НАН України» на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю

03.00.17 – гідробіологія

Актуальність теми дисертаційної роботи. На сьогодні країни Азово-Чорноморського регіону знаходяться у процесі змін підходів до моніторингу, екологічної індикації та управління водними екосистемами. Зокрема, це стосується біологічних інвазій та пов'язаного з ними біологічного забруднення, що визнані одним з провідних чинників трансформації водних екосистем Європи. За умов масштабної гідроморфологічної трансформації водних екосистем (будування дамб, каналів, штучних водойм, трансформація берегів та ін.) стає необхідним аналіз зв'язку цих процесів з біологічним забрудненням.

На сьогодні актуальним є проведення цілісного дослідження щодо гідроморфологічної трансформації екосистем Азово-Чорноморського регіону як чинника процесів біологічних інвазій. Безперечно екосистема Азово-Чорноморського басейну має свої особливості. По-перше, це неприпливний характер внутрішніх морів, який створює унікальні типи екосистем, угруповань та оселищ берегової зони, а також локальні типи естуаріїв. По-друге, це наявність ендемічної понто-каспійської реліктової фауни, яка водночас є раритетним ядром місцевих екосистем та одним з головних у Світі джерел біологічних інвазій, що потребує особливих підходів до управління екосистемами, зокрема в сфері охорони природи. З огляду на це, робота Михайла Олеговича є актуальною.

Відповідно до піднятих у роботі питань поставлені **завдання**, які спрямовано на досягнення **мети** – з'ясування наслідків впливу гідроморфологічних змін

водних екосистем Азово-Чорноморського регіону на процеси біологічних інвазій чужорідних видів макробезхребетних.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота Михайла Олеговича виконана протягом 2011–2020 рр. в ДУ «Інститут морської біології» НАН України згідно з темами держбюджетних науково-дослідних робіт: «Інтегральна оцінка якості морської води та донних відкладів Азово-Чорноморського басейну в умовах антропогенного навантаження» (2011–2013, № 0111U006733), «Формування якості морського середовища в умовах антропогенної трансформації берегової зони північно-західної частини Чорного моря» (2014–2018, № 0114U000467), «Фенотипічна пластичність і функціонування біологічних систем в прибережних водах Азово-Чорноморського басейну в умовах дій негативних природних і антропогенних чинників» (2012–2016, № 0112U001363), «Моніторинг та прогнозування змін екосистеми північно-західної частини Чорного моря з метою забезпечення сталого використання біологічних ресурсів» (2013–2015, № 0113U004986), «Поширення чужорідних безхребетних в водоймах Азово-Чорноморського екологічного коридору: оцінка біологічного забруднення, прогнозування та моделювання» (2015–2016, № 0115U000000), «Антропогенне забруднення та евтрофування як елемент формування екологічного стану контактної зони берег-море Азово-Чорноморського регіону» (№ 0119U000654 (2019 р. і дотепер), «Адаптації Азово-чорноморських біологічних систем в сучасних умовах антропогенних навантажень та кліматичних змін» (2017 р. і дотепер, № 0117U001577), а також низки міжнародних проектів.

Наукова новизна отриманих при виконанні роботи результатів. Новизна наукових положень і результатів, отриманих особисто здобувачем і поданих на захист, не викликає сумнівів.

Уперше для світу виявлені: різнобічний вплив нових підходів до управління баластними водами на ризики біоінвазій у морських екосистемах; тенденція експансії екзотичних видів морського походження у великих річкових системах, що знаходяться під одночасним впливом кліматичних змін і зарегулювання стоку; методологічна проблема криптичних інвазій в екосистемах водойм, що

пересихають. Здійснена реконструкція та рекласифікація історичних угруповань реліктової понто-каспійської фауни у контексті теорії функціональних трофічних груп і категоризація статусу видів понто-каспійської реліктової фауни за методиками МСОП.

Уперше для Азово-Чорноморського регіону виявлені: зв'язок біозабруднення з гідроморфологічними умовами берегів; функціональний зв'язок угруповань та оселищ в процесах біозабруднення в контексті теорії функціональних трофічних груп; різноманітність сценаріїв зв'язків біозабруднення з якістю води; виявлені специфічні процеси біологічного забруднення при трансформації штучними каналами режиму солоності лиманів та при штучній фрагментації лиманів. Описана низка нових угруповань з домінуванням екзотичних видів; механізми впливу окремих складових гідроморфологічної деградації на фауну супраліторалі та процеси біозабруднення у прибіжній зоні моря; контурна екосистема «малий потік – море», її угруповання та специфічні процеси біологічного забруднення; різноманіття сценаріїв експансії понто-каспійської фауни у великих річкових басейнах; біотопічний розподіл чужорідних видів з використанням класифікації оселищ EUNIS. Розроблені підходи до біоіндикації морських берегів з використанням оселищ, супраліторальних видів та угруповань.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що дисертаційна робота загалом надає основу для подальшого розвитку систем моніторингу, екологічної оцінки і природоохоронного менеджменту в Азово-Чорноморському регіоні, зокрема у контексті інтеграції законодавства України з низкою європейських і міжнародних директив і конвенцій: Водної рамкової директиви (ВРД), Рамкової директиви морської стратегії (РДМС), Бернської конвенції та ін.

Розроблені підходи до біоіндикації морських берегів з використанням оселищ, супраліторальних видів та угруповань для потреб екологічної оцінки за вимогами європейських директив. При цьому розроблена схема зонування морських берегів Чорного моря за гідроморфологічними критеріями, ідентифіковано регіональний перелік морських оселищ з виділенням нових та некодифікованих оселищ, проведено тестування стійкості індикаторів до парадоксу «естуарної якості».

Результати досліджень використані робочими групами українських урядових, регіональних і відомчих структур при обговоренні офіційних документів, при підготовці робочих документів і звітів для Бернської конвенції, Конвенції по біологічному різноманіттю, Чорноморської комісії тощо.

Результати дисертаційного дослідження були використані у сфері охорони природи під час створення міжнародних Червоних переліків МСОП, регіональних переліків рідкісних видів, розвитку Державного кадастру тваринного світу України, обґрунтування територій Смарагдової мережі, літописів природи природоохоронних установ (НПП «Гузлівські лимани», Нижньодністровський та ін.), пропозицій до нової редакції Червоної книги України.

Результати досліджень використані у сфері популяризації науки і позашкільної освіти: увійшли до освітніх і наукових програм молодіжних експедицій, шкіл і тренінгів, шкіл екологічної журналістики та ін.; використані під час підготовки учнівських наукових робіт, для науково-популярних лекторіїв.

Повнота викладу основних наукових положень і висновків в опублікованих наукових працях. За результатами дисертації опублікована 31 наукова праця, з них, 24 статті у наукових фахових виданнях, серед яких 16 – у виданнях, що входять до наукометричних баз Web of Science і Scopus (зокрема 3 – першого та 9 – другого квартиля). Основні положення дисертації апробовані на 24 Всеукраїнських і Міжнародних конференціях, а також на робочих нарадах міжнародних організацій і проектів. Зміст опублікованих робіт повністю відображає основні положення дисертації та її суть.

Структура роботи. Дисертація оформлена відповідно до вимог наказу МОН № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 3 лютого 2017 р. за № 155/30023. Побудована за схемою: анотація державною мовою; список опублікованих праць за темою дисертації; анотація англійською мовою; зміст; перелік умовних скорочень, що використані у роботі; вступ; основний зміст роботи, який представлений 9 розділами; висновки; список використаних джерел, який

нараховує 265 найменувань; один додаток. Робота викладена на 325 сторінках комп'ютерного тексту, містить 32 таблиці, 42 рисунка.

Аналіз змісту дисертаційної роботи. У *вступі* автором висвітлено актуальність обраної теми роботи, обґрунтовано необхідність її дослідження, чітко сформульовано мету і завдання, об'єкт і предмет дослідження, використані автором методи досліджень, наведено наукову новизну отриманих результатів, їх практичне значення, зазначено апробацію результатів дисертаційного дослідження, особистий внесок здобувача та обсяг і структуру дисертації.

Перший розділ дисертації «Розвиток підходів до оцінки та моніторингу біологічних інвазій в водних екосистемах» складається з 4 підрозділів та є оглядовим. Три перші підрозділи містять огляд літературних джерел та офіційних документів щодо розвитку прикладних аспектів, пов'язаних з біологічними інвазіями – методів моніторингу, аналізу, біоіндикації та ін. Четвертий підрозділ містить інформацію про стан сучасних знань про біологічне забруднення в регіоні досліджень. Розділ містить обґрунтування обраного напрямку роботи і свідчить про обізнаність автора з темою наукових досліджень, здатність аналізувати наявні результати, робити узагальнення та обирати напрямок експериментальної роботи.

За кількістю сторінок даний розділ не перевищує 20% загального обсягу роботи, що відповідає діючим вимогам до представлення результатів дисертаційних робіт.

Другий розділ «Матеріал та методи» складається з чотирьох підрозділів. У підр. 2.1 наведено використані у роботі індекси і показники. У підр. 2.2 наявна інформація про регіони дослідження: використані типи і джерела даних. У підр. 2.3 наявна інформація про знаряддя і методи відбору проб. У підр. 2.4 описані використані підходи до ідентифікації, класифікації і категоризації видів і оселищ.

Особливістю роботи є те, що для різних дослідницьких елементів роботи використані різні просторові масштаби аналізу (процеси на Світовому рівні, на рівні окремих морів і річкових басейнів, окремих сукупностей локацій та ін.), які потребують різних типів і джерел даних.

Загалом цей розділ демонструє високий рівень володіння дисертантом різноманітних сучасних методів досліджень.

Результати дослідження та їх аналіз чітко і послідовно викладені у 7 наступних розділах.

Третій розділ дисертаційної роботи «Біологічні інвазії в прибіній зоні Чорного моря в умовах різноманіття гідроморфологічних показників» має 3 підрозділи. За допомогою використання методології CARLIT проведено зонування берегів ПЗЧМ за такими показниками як акумулятивний чи абразивний тип берегу, домінуючий субстрат, відкритість для хвиль та опріснення гідрофронтами великих річок. При цьому в ПЗЧМ виявлені 14 типів морських берегів, уздовж яких виділено і проаналізовано процеси біологічних інвазій.

З'ясовано, що залежно від просторового розподілу, використання різних штучних і природних матеріалів і субстратів, конструкцій гідротехнічних споруд та ін. антропогенні порушення берегів можуть сприяти біологічному забрудненню, стримувати його або впливати на нього.

Аналіз поширення біологічних інвазій уздовж ««релевантних» типів берегів виявив ключову роль опріснення. Ділянки районів з високим біозабрудненням майже співпадають з районами гідрофронтів Дніпра і Дунаю і за наявності в ПЗЧМ різних сценаріїв біологічного забруднення.

Четвертий розділ «Екологічна індикація в інтегральній оцінці гідроморфологічних змін морських берегів» є логічним продовженням попереднього. Він містить 5 підрозділів, в чотирьох з яких поступово обґрунтовуються нові підходи до екологічної індикації екосистем морського узбережжя. Розроблені підходи демонструють негативний вплив антропогенної трансформації на види, угруповання та оселища прибіній зони. В останньому підрозділі 4.5 результати екологічної індикації порівнюються з результатами оцінки біологічного забруднення, описаними у попередньому третьому розділі.

Наведені у цьому розділі підходи суттєво розширюють наявні методи оцінки стану морських екосистем.

У *п'ятому розділі* «Процеси біологічного забруднення в умовах гідроморфологічних змін естуарних екосистем» розглянуто антропогенно трансформовані біотопи і їх вплив на процеси біологічної інвазії. У чотирьох підрозділах проаналізовано порушення природного характеру водообміну естуарія з морем; внутрішня фрагментація естуаріїв дамбами; зміни гирл малих потоків, що впадають у море. В підр. 5.5 проведено узагальнюючий аналіз процесів, що мають місце одночасно у морських та естуарних екосистемах при впровадженні сучасної міжнародної системи управління баластними водами. З'ясовано, що ця система, з одного боку, знижує ризики трансконтинентальних інвазій, а з другого, – створює нові ризики на локальному рівні.

Шостий розділ дисертації «Процеси біологічного забруднення в умовах гідроморфологічних змін во внутрішніх водах» складається з 4 підрозділів, що присвячені різним аспектам процесів біологічних інвазій. У підр. 6.1 та 6.2 розглянуто процеси експансії евригалінних екзотичних видів уздовж течій великих трансформованих річкових басейнів.

У підр. 6.3. дисертантом розглядаються процеси розселення видів у басейнах Чорного, Азовського і Каспійського морів, що стало можливим завдяки будівництву міжбасейнових каналів.

У підр. 6.4 проаналізовано особливості степових екосистем водойм, що пересихають. Впроваджено новий підхід щодо дослідження природнього біорізноманіття і процесів прихованих інвазій.

Сьомий розділ «Процеси колонізації оселищ та формування нових угруповань чужорідними видами» розкриває багато малодосліджених питань. Він містить 5 підрозділів. У підр. 7.1 і 7.2 вперше проаналізовано колонізацію чужорідними видами оселищ, виділених за допомогою міжнародної класифікації EUNIS, виявлено зв'язок таких оселищ та угруповань у контексті теорії функціональних трофічних груп. У підр. 7.3 описано нові регіональні угруповання з домінуванням екзотичних видів. Підрозділи 7.4 та 7.5 присвячені угрупованням понто-каспійських видів у нативних та інвазійних ареалах. Останній підр. 7.5 є

узагальненням попередніх і дає цілісне уявлення про формування нових інвазійних угруповань при трансформації водних оселищ Азово-Чорноморського басейну.

У *восьмому розділі* «Проблеми моніторингу біологічних інвазій в трансформованих водних екосистемах в умовах модернізації офіційних підходів» розглянуто розвиток системи моніторингу біологічних інвазій. Він містить три підрозділи. У підр. 8.1 описано різні технічні проблеми, пов'язані з проведенням моніторингу.

Важливим у підр. 8.2 є висвітлення інформації щодо гармонізації щодо моніторингу індикаторів біологічного забруднення та індикаторів якості води. Це питання має водночас прикладне і фундаментальне значення. Серед науковців існує думка, що чужорідні види колонізують, насамперед, порушені локації. При такому підході для моніторингу беруться до уваги, у першу чергу, хімічні і гідрохімічні показники. Михайло Олегович у своїй дисертаційній роботі вказує, що такий зв'язок може бути лише одним з можливих сценаріїв біологічного забруднення у водних екосистемах дослідженого регіону. Слід зазначити, що ця частина досліджень проведена на високому фаховому рівні, проаналізована, а проведена статистична обробка даних визначає високу достовірність отриманих результатів.

У підр. 8.3 наведено відомості щодо комунікації та обміну інформацією суб'єктів моніторингу і прийняття рішень.

Дев'ятий розділ дисертації «Проблеми екологічного менеджменту реліктової понто-каспійської фауни» складається з трьох підрозділів. Перший підр. 9.1 розкриває статус понто-каспійської фауни як раритетного ядра регіональної біоти і джерела інвазій. У ньому аналізуються тренди зникнення понто-каспійської фауни та її цілісних угруповань у різних басейнах Азово-Чорноморського регіону.

У підр. 9.2 аналізуються сучасні підходи до природоохоронного менеджменту понто-каспійської фауни на рівні видів: категоризація методами МСОП, створення Червоної книги і регіонального переліку рідкісних видів, включення видів у міжнародні конвенції. Вперше проводиться категоризація видів методами МСОП щодо їх вразливості та інвазійності.

У підр. 9.3. проаналізовано охорону ключових зон поширення понто-каспійської фауни на рівні оселищ і територій. При цьому дисертант взяв до уваги сукупність територій природно-заповідного фонду України і Смарагдову мережу, що встановлена Бернською конвенцією.

Ступінь обґрунтованості основних наукових положень, висновків та рекомендацій сформульованих у дисертації. Сформульовані Соном Михайлом Олеговичем основні наукові положення і висновки ґрунтуються на великому об'ємі опрацьованого матеріалу, власних дослідницьких даних. При проведенні досліджень було застосовано комплекс методів, які повністю відповідають поставленій меті і завданням роботи. Зроблені автором висновки інформативні, змістовні, достатньо обґрунтовані, впливають із одержаного фактичного матеріалу і свідчать про досягнення мети і завдань роботи.

Матеріали, представлені в **авторефераті**, повністю відображають зміст дисертації.

Високо оцінюючи роботу загалом, маю **зауваження** до дисертації, що викладені нижче у вигляді окремих пунктів.

1. Є зауваження до термінів, вжитих дисертантом. Прошу дати чіткі визначення термінів, якими пронизана вся дисертація, – оселища і угруповання. Не зрозуміло, чому дисертант ігнорує загальноовживані у біології і екології терміни – біотоп, популяція, біоценоз.

2. У меті здобувачем сформульовано «... біологічних інвазій чужорідних видів макробезхребетних ...». Варто було б залишити один із термін – або *біологічна інвазія*, або *чужорідні види*, бо, по-суті, – це тавтологія і мова йде про одне і теж.

3. У вступі у підрозділі «Практичне значення одержаних результатів» наведено інформацію про широке використання матеріалів дисертаційного дослідження, тому у Додатках варто навести підтверджуючі відповідні документи (Довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво, у навчальний процес та ін.).

4. Оскільки у розділі «Матеріали та методи» немає окремого пункту «Статистична (математична) обробка даних», то виникає запитання: які ж

статистичні методи аналізу були проведені здобувачем під час дисертаційного дослідження? Цю інформацію слід вказати більш чітко.

5. У розділі «Матеріали та методи» автор вказує, що для ідентифікації видів переважно використовувались таксономічні визначники. Однак немає жодного посилання на літературу. А тому виникає питання, за якими визначниками встановлювалась видова приналежність досліджених видів?

6. Оскільки автор брав до уваги власні збори, оброблені колекційні фонди чи окремі матеріали, передані колегами і літературні дані, то на карті (рис. 2.4, С. 56) варто було б позначити не лише власні збори, але і ще окремими позначеннями – збори колег і літературні дані.

7. У дисертаційній роботі краще використовувати один з термінів – або черепашка (С. 266), або мушля (С. 73, 80 та ін.).

8. У висновках потрібно наводити лише ті коефіцієнти кореляції Спірмена (ρ), де наявний тісний зв'язок між аналізованими показниками. Яка інформативність у Висновку 2, що $\rho = 0,478$? Водночас у висновках варто було б наголосити на статистично достовірних відмінностях ($p < 0,05$) між аналізованими показниками.

9. Висновки мають бути лаконічними, більш стислими. У автора ж вони розміщені на 6 сторінках тексту.

10. Деякі слова використані дисертантом не за значенням, наприклад у висновку № 9 слово «фіксуються» можна використовувати у значенні «фіксуються спиртом», а у даному випадку мається на увазі «реєструються, відмічаються» і т.д. У тексті дисертації вживання терміну «екологія виду» (С. 142) є некоректним, оскільки екологія – це наука, варто використовувати термін «екологічні особливості виду», що відображає сутність досліджень дисертанта.

11. Є зауваження до оформлення роботи. Дисертаційну роботу варто було б проілюструвати оригінальними фотографіями досліджених інвазійних видів, а також фотографіями місць їх збору, що дало б можливість мати більш повне уявлення як про види, так і про їх біотопи.

У Змісті потрібно було б зазначити слово «Розділ». Немає потреби настільки дрібно розділяти розділи на підрозділи. Для кращого сприйняття варто було б їх тематично узагальнити у більш крупні підрозділи.

У роботі наявні дуже прикрі описи. На жаль орфографічні помилки починаються вже зі змісту дисертації (С. 13–15): розділ 4 «гидроморфологічних», розділ 5 «гидроморрологічних», розділ 6 «Процеси бцологцного забруднення в умовах гидроморфологцчних змін во внутрішніх водах», підрозділ 6.2.1 «Особливості експансія» та ін.

У тексті роботи виявлено лексичні помилки: русизми, наприклад «текучих» вод (С. 47), у висновку № 9 «покояться» та ін., а також пунктуаційні (відсутня крапка в кінці деяких речень, зайві коми та ін.) помилки, технічні – у висновку 1 – зайва дужка «(ρ) = 0,890».

Наведені зауваження мають здебільшого характер рекомендацій і не знижують високої оцінки всієї роботи. Робота показує не тільки важливі результати, а і безмежний простір подальших глибоких і цікавих досліджень.

Загальний висновок. Аналіз поданих для розгляду матеріалів (рукопис дисертації, автореферату, публікацій) дозволяє дійти висновку, що дисертаційна робота **Сона Михайла Олеговича** «Біологічні інвазії водних донних безхребетних в Азово-Чорноморському басейні» є завершеним, науковим дослідженням, яке зробило істотний внесок у сучасну гідробіологію. За новизною, теоретичним і практичним значенням вона відповідає вимогам п. п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із змінами, внесеними згідно з постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р. та № 567 від 27.07.2016 р., № 943 від 20.11.2019 р., № 607 від 15.07.2020 р.) і наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019), які висуваються до

докторських дисертацій, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.17 – гідробіологія.

Офіційний опонент

доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри екології
Державного університету
«Житомирська політехніка»

Олена УВАЄВА

Вірність підпису засвідчую

Секретар Вченої ради Державного університету
«Житомирська політехніка», доцент, к.б.б.н. держ.упр.



Лариса СЕРГІЄНКО

09.04.2021 р.