

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА

*На правах рукопису*

СОН Михайло Олегович

УДК 594:616-036.4

**МОЛЮСКИ-ВСЕЛЕНЦІ В ПІСНИХ ТА СОЛОНУВАТИХ ВОДАХ  
ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я (сучасний стан, оцінка ризику та  
екологічний прогноз)**

03.00.16 – екологія

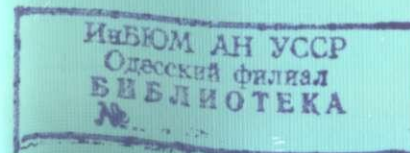
**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

---

Бумага офсетная А4 80 г/м<sup>2</sup> "Maestro". Заказ № 530. Тираж 100 шт.  
копировальный центр "Греческий дом" ЧП "Майн-Рейн Круиз"  
г. Одесса, пер. Вице-Адмирала Жукова, 3/7  
тел./факс: (0482) 375-235

Одеса – 2010



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеському філіалі Інституту біології південних морів імені А. О. Ковалевського НАН України.

**Науковий керівник** кандидат біологічних наук, доцент  
**ДЯТЛОВ Сергій Євгенович**,  
Одеський філіал Інституту біології південних морів  
імені А. О. Ковалевського НАН України,  
завідувач відділом якості водного середовища

**Офіційні опоненти:** доктор біологічних наук, старший науковий  
співробітник **ЗОЛОТАРЬОВ Валентин Миколайович**,  
Одеський філіал Інституту біології південних морів  
імені А. О. Ковалевського НАН України,  
завідувач відділом популяційної екології безхребетних

кандидат біологічних наук, старший науковий  
співробітник **ПЛИГІН Юрій Васильович**,  
Інститут гідробіології НАН України,  
старший науковий співробітник відділу екології  
водоймищ

Захист дисертації відбудеться «16» квітня 2010 р. о 12<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.051.06 Одеського національного університету імені І. І. Мечникова МОН України за адресою: 65058, м. Одеса, пров. Шампанський, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеського національного університету імені І. І. Мечникова за адресою: 65082, м. Одеса, вул. Преображенська, 24.

Автореферат розісланий « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 41.051.06  
доктор біологічних наук, професор



Т.О. Філіпова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** В кінці XX - на початку XXI століття біологічні інвазії стали однією з найбільш значних складових еволюції біосфери. У числі їх наслідків можна назвати трансформацію природних екосистем, зміни біорізноманіття окремих регіонів і десепааратизацію біоти - стирання кордонів біогеографічних областей. Вплив біологічних інвазій на господарську діяльність людини настільки великий, що здатен спричинити значні втрати для економіки. Так, підрахунок збитків від видів-вселенців в США за останні роки показав досить значну цифру - 120 мільярдів доларів на рік [Pimentel et al., 2005]. Молюски в зв'язку з великим числом видів, різноманітністю життєвих стратегій та важливою роллю в екосистемах є однією з ключових груп організмів в процесах біологічних інвазій. Експансія багатьох видів молюсків у водні екосистеми призводить до катастрофічних наслідків як для природних екосистем, так і для господарської діяльності людини. Серед таких наслідків можна назвати перешкоди для судноплавства, розповсюдження паразитичних захворювань, тотальне знищення прибережно-водної рослинності (зокрема рисових плантацій), порушення роботи атомних електростанцій. Дослідження біологічних інвазій є відносно молодим напрямом. Сучасні дослідження в цій області показали існування крупних коридорів інвазії - шляхів експансії, загальних для великого числа видів-вселенців. Русла Дунаю, Дніпра і Дону після будівництва каналів пов'язали Північне Причорномор'я з більшою частиною крупних річкових басейнів Європи. Це призвело до формування декількох крупних коридорів інвазії, які включають водні об'єкти Північного Причорномор'я, що зробило його одним з ключових регіонів у вивченні процесів біологічних інвазій у світовому масштабі [Vaate, 2002].

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана згідно з науково-дослідною тематикою Національної Академії наук України: "Основи формування біологічного різноманіття прибережних морських та приморських водних екосистем" (№ ДР 0101U000163) і міжнародного проекту "European Commission 6th Framework Program Integrated Project A L A R M (contract GOCE-CT-2003-506675)".

**Мета та завдання дослідження.** Основною метою даної роботи було вивчити інвазії молюсків-вселенців у прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я, оцінити ризик цього процесу і дати прогноз його подальшого розвитку.

Для досягнення мети дослідження були поставлені наступні завдання:

- 1) з'ясувати сучасний видовий склад і екологію екзотичних видів молюсків, відмічених як вселенці в прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я;
- 2) вивчити реліктову малакофауну Азово-Чорноморського регіону як джерело біологічних інвазій;
- 3) встановити просторові особливості експансії молюсків-вселенців у прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я;

4) розробити і протестувати екологічні показники, необхідні для аналізу біологічних інвазій: їх інтенсивності, екологічного ризику, рівня біологічного забруднення, зв'язку з антропогенними чинниками;

5) розробити підходи до екологічного прогнозування біологічних інвазій.

Об'єкт досліджень: інвазії видів-вселенців як екологічний процес.

Предмет досліджень: склад, розповсюдження та екологія молюсків-вселенців, екологічний ризик біологічних інвазій у водних екосистемах.

Методи досліджень: у роботі використані традиційні методи збору і обробки первинного матеріалу. Протестовані нові методи аналізу, моніторингу і оцінки ризику біологічних інвазій. Розроблений і протестований новий підхід до прогнозу біологічних інвазій.

**Наукова новизна.** Вперше отримано цілісне уявлення про інвазії молюсків у прісній й солонуватій воді Північного Причорномор'я, з'ясований їх видовий склад, розповсюдження та біотопічний розподіл. Вперше знайдені екзотичні молюски для наступних регіонів: Україна (2 родини, шість видів), Крим (1 вид), Республіка Молдова (2 види), Південь Росії (1 вид); басейни Дністра (3 види), Дніпра (2 види), Дону і Таганрозької затоки (2 види), Нижнього Дунаю (3 види), придунайських естуарних озер (4 види), малих річкових басейнів (3 види). Наведені принципово нові дані про хронологію експансії молюсків. Вперше позначений новий напрям інвазій - Чорноморський прибережний коридор інвазії (розселення уздовж побережжя Азово-Чорноморського басейну по уривчастому ланцюжку прибережних водойм). Виділення цього напрямку інвазій істотно доповнює існуючі концепції коридорів інвазії, вносячи до них уявлення про існування коридорів інвазії, що знаходяться поза гідрографічною мережею.

**Практична цінність отриманих результатів.** Складений перелік чужорідних видів молюсків у прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я може використовуватися національними та регіональними системами моніторингу України, Російської Федерації та Республіки Молдова (використаний для складання національного списку вселенців України в проєкті "Strategic Targeted Research Project DAISIE" і моніторингу стану екосистем Нижнього Дністра в проєкті: "Takis CBC Action Programme: Technical Assistance for the Lower Dniestr River Basin Management Planning"). Частина первинних даних використовується європейською системою швидкого реагування в моніторингу інвазійних видів. Тестування в Північному Причорномор'ї розробленого в рамках міжнародного проєкту "European Commission 6th Framework Program Integrated Project ALARM" комплексу методик моніторингу, аналізу та оцінки ризику біологічних інвазій у внутрішніх водах Європи показало можливість його використання в екологічному моніторингу регіону. Обґрунтована система прогнозу інвазій на підставі аналізу потенційних векторів вселення може використовуватися для запобігання біологічним інвазіям.

**Особистий внесок автора.** Автор проводив збір і обробку первинного матеріалу, самостійно здійснював аналіз отриманих результатів. Автором були самостійно протестовані у дослідженому регіоні методики, розроблені разом з

іншими колегами. Спільно з науковим керівником проводилася постановка мети і завдань дисертації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертації доповідались і обговорювалися на міжнародному симпозиумі "Molluscs, Quaternary faunal changes and environmental dynamics. A Symposium on occasion of 80<sup>th</sup> birthdays of Vojen Lozek" (Прага, 2005); міжнародній нараді «Морские, пресноводные и наземные моллюски: Современные результаты исследований в области таксономии, экологии и филогении» (Санкт-Петербург, 2006); міжнародних науково-практичних конференціях: «Молюски. Основні результати, проблеми та перспективи досліджень», "Екосистемні та морфоеволюційні дослідження молюсків", "Молюски: результати, проблеми і перспективи досліджень" (Житомир, 2002, 2004, 2006); міжнародних нарадах проєкту "European Commission 6th Framework Program Integrated Project ALARM" (Мінськ, 2007; Одеса, 2007; Вільнюс, 2008; Лейпциг, 2008); міжнародних конференціях "Risk Assessment in European River Basins - State of the Art and Future Challenges" (Лейпциг, 2007), «Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем» (Ростов-на-Дону, 2007), «Эволюция морских экосистем под влиянием вселенцев и искусственной смертности фауны» (Ростов-на-Дону, 2003), "Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century" (Санкт-Петербург, 2005), "Water for Life: Research priorities for sustaining freshwater biodiversity" (Брдо, 2008), «Перифитон и обрастание: теория и практика» (Санкт-Петербург, 2008), "5th European Conference on Biological Invasions - Neobiota: Towards a Synthesis" (Прага, 2008); міжнародній школі-конференції «Дрейссениды: эволюция, систематика, экология» (Борок, 2008); міжнародному симпозиумі «Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2)» (Борок, 2005); IX з'їзді Гідробіологічного товариства РАН (Тольяті, 2006); науково-практичних конференціях «Экологические проблемы Черного моря» (Одеса, 2002, 2005).

**Публікації.** Серед 17 основних робіт, у яких викладені результати досліджень - 1 монографія, 5 статей в спеціальних виданнях, рекомендованих ВАК України, 6 статей у закордонних рецензованих виданнях, 4 публікації в матеріалах конференцій, з'їздів і симпозиумів і одна замітка.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури й додатків. Загальний обсяг дисертації 173 сторінки, з них 47 сторінок займають додатки, список використаних джерел, і таблиці, які повністю займають площу сторінки. Роботу проілюстровано 11 таблицями в основному тексті дисертації й 11 у додатку, 24 рисунками (у тексті) і 30 авторськими фотографіями (у додатку). Список літератури містить 219 джерел (73 кирилицею і 146 латиницею).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Огляд літератури.** Оскільки спеціальне вивчення біологічних інвазій почало формуватися лише в другій половині ХХ століття, спеціальна термінологія та розвиток загальноприйнятих концепцій у цьому напрямку перебувають у стадії становлення [Simberloff, Von Holle, 1994; Ricciardi, MacIsaac, 2000; Kolár, Lodge, 2001; Leppakoski, Olenin, 2001; Миркин, Наумова, 2001; Биологические инвазии..., 2004; Falk-Petersen et al., 2006; Stohlgren, Schnase, 2006]. Деякі молюски, відзначені як вселенці в Північне Причорномор'я [Grossu, 1951; Марковский, 1954; Стадниченко, 1987; Skolka, 1998; Юришинец, Корнюшин, 2001; Волошкевич, Сон, 2002; Сон, 2003, 2005б, 2005д, 2006а, 2006д, 2007а, 2007б; 2006в; Gomoiu et al., 2004; Therriault et al., 2004; Son, 2005, 2007б, 2008; Халиман, Анистратенко, 2006] вже мають інвазійну історію в інших регіонах.

**Матеріали і методи.** За період досліджень (1999-2008 рр.) був обстежений широкий спектр водних біотопів Північного Причорномор'я в більшості значних річкових басейнів регіону (рис. 1).

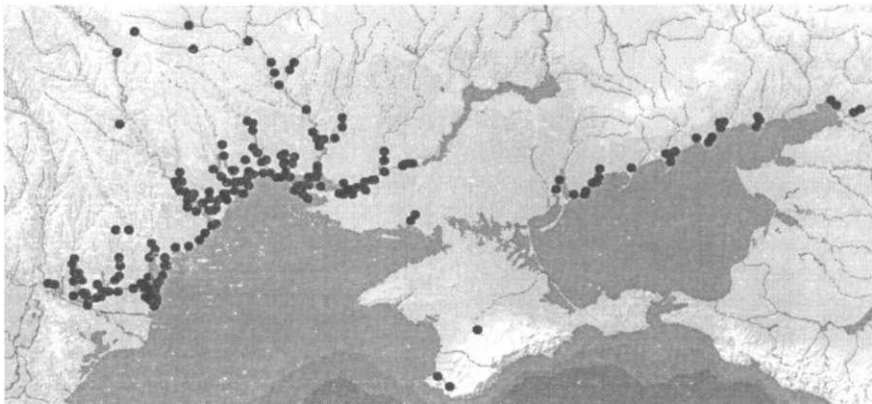


Рис. 1. Райони збору основного матеріалу

Збір молюсків відбувався в басейнах Дунаю, Дністра, Дону, Дніпра, Південного Бугу й асоційованих з ними естуарних водойм; Таганрозькій затоці; басейнах Одеської, Аджалицької і Тузловської груп лиманів, Тиліткульського й Березанського лиманів, лиманах Приазов'я; малих ріках і джерелах, що впадають у Чорне й Азовське моря; безстічних водоймах (усього 410 станцій). Збір матеріалу (більш 15 тис. екз. молюсків) проводився згідно з традиційними методиками [Жадин, 1952]. Оброблялись фонди Зоологічного музею Одеського національного університету, Дунайського біосферного заповідника НАНУ, Державного природознавчого музею НАНУ, Зоологічного інституту РАН, Інституту зоології НАНУ; особисті колекції та окремі проби були надані нам для визначення. Порівняльний матеріал відбирався в середньому плінні Дністра,

Дніпра, П. Бугу й Сіверського Дінця (Україна), у водосховищах Верхньої Волги, Неві (Росія), Фінській затоці (Фінляндія), р. Вілія (Литва), р. Йордан і оз. Кінерет (Ізраїль). Для розрахунків показників фауністичної подібності й структурної організації таксоценозів використовувався індекс Чекановського-Серенсена та метод орієнтованих графів [Кривоулицький, Лебедева, 2002].

У рамках проекту "European Commission 6th Framework Program Integrated Project A L A R M " був уперше розроблений комплекс показників, необхідних для моніторингу й аналізу біоінвазій [Olenin et al., 2007, Panov et al., 2009]. У роботі використовується й тестується низка показників (за винятком Biological Pollution Index, розроблених за нашою участю), що відбивають наступні аспекти біозабруднення: 1) інтенсивність біоінвазій - Biological Contamination Rate (BCR) і роль окремих векторів інвазії - Pathway-specific Biological Contamination rate (PBCR); 2) інвазійність вселенців - Species-specific Biopollution Risk Index (Spb-risk index); 3) ризик біозабруднення - Integrated Biopollution Risk Index (IBPR index); 4) локальне забруднення угруповання чужорідними видами Site-specific Biological Contamination Index (SBCI); 5) вплив вселенців на екосистему - Biological Pollution Index (BPI).

**Представники молюсків-вселенців у прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я.** У прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я відзначено 15 екзотичних молюсків. Серед відзначених видів більшість є прісноводними (67 %), інші євригалінні (20 %) або солонуватоводні (11 %). Регіони походження: Північна Америка (40 %), Південна й Східна Азія (33 %), Африка (7 %), Нова Зеландія (7 %), Каспій (7 %), походження частини видів не встановлене. Досить різноманітні стратегії розмноження (27 % видів з нормальним статевим розмноженням, 40 % гермафродитів, 20 % партено- і 13 % андрогенетиків) і типи розвитку (54 % із прямим розвитком, 13 % живородних, 13 % яйцеливовородних, 13 % з наявністю планктонної личинки, 7 % - личинки-глохидія).

Серед екзотичних молюсків у Північному Причорномор'ї відзначені як види з локальним поширенням (*Corbicula spp.*, *Sinanodonta woodiana*, *Hypanis glabra*, *Mytilopsis leucophaeata*, *Melanoides tuberculata*), так і ті, що активно розселяються по багатьом річковим басейнам (*Potamopyrgus jenkinsi*, *Physella heterostropha*, *Ph. acuta*, *Costatella Integra* і *Ferrissia fragilis*). Протягом останніх років епізодично відзначався ряд видів, які не змогли поки що сформувати постійні поселення в природних водоймах: *Biomphalaria glabrata*, *Helisoma duryi*, *Ampulariidae genu sp.*, *Thiara granifera*. Робота з музейними колекціями дозволила одержати нову інформацію про початкові стадії проникнення екзотичних видів у регіон: незалежне різночасне вселення корбикул у різні ділянки Дунаю; приналежність *Ancylus lacustris brevis*, описаного зі штучної водойми м. Сімферополя [Пузанов, 1925] до екзотичного виду *F. fragilis* [Son, 2007] та ін.

Серед автохтонних для регіону молюсків є ряд агресивних вселенців, для яких відзначена експансія в багатьох річкових басейнах. Експансія таких видів в межах Північного Причорномор'я відзначена для *Dreissena polymorpha*

(Дунай-Дністровська та Нижньодніпровська зрошувальні системи, Крим, оз. Абрау, Дофінівський лиман, деякі малі ріки), *Dreissena bugensis* (низов'я й естуарії Дністра й Дону, басейн Кальміусу), *Hypanis colorata* (Дунай-Дністровська зрошувальна система), *Theodoxus fluviatilis* (оз. Сасик, Крим, басейн Кальміусу, дренажі м. Одеси). Для деяких видів (*Euxinopyrgula lineta*, *Lithoglyphus naticoides*, *Fagotia danubialis*, *Hypanis spp.*, *Theodoxus spp.*) у Північному Причорномор'ї відзначені поодинокі факти інвазій. Причинами розселення фауни понто-каспійського регіону стали: зарегулювання рік, утворення нових біотопів, будівництво каналів, навмисна акліматизація, інтенсифікація судноплавства. Одночасно з цим іде зникнення або скорочення числа місцеперебувань автохтонних молюсків в окремих басейнах. Була зменшена дія частини факторів, що лімітують їхнє поширення. Результатом стала гомогенізація понто-каспійської малакофауни в зонах її реліктового проживання, викликана як розселенням окремих видів, так і зникненням стенотопних локальних ендемів: середній рівень подібності між естуарними зонами - місцеперебуваннями понто-каспійських молюсків виріс більш ніж у півтора рази (з 26 % до 40 %).

**Регіональні особливості експансії молюсків-вселенців у прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я.** У регіоні склалися основні напрямки експансії екзотичних видів молюсків: розселення вниз за течією Дунаю; розселення солонуватоводних видів уздовж Азово-Чорноморського басейну по ланцюгу близько розташованих лиманів, естуаріїв, річкових дельт і озер (відокремлений нами Чорноморський прибережний коридор); локальна інтродукція акваріумних видів; вселення в судноплавні ділянки мезогалинних вод. Для близьких вселенців основні напрямки експансії - розселення уздовж узбереж з проникненням вгору руслами рік; вселення в прісні води Кримського півострова; розселення по зрошувальних системах.

Експансія руслом Дунаю прискорює розселення чужорідних видів у напрямку Азово-Чорноморського басейну, але географічне розташування дельти Дунаю перешкоджає їхній експансії в інші великі річкові басейни Причорномор'я. Шляхами проникнення видів-вселенців у нові водойми служать штучні гідротехнічні системи. Басейн Дністра, не зв'язаний каналами з іншими великими ріками Азово-Чорноморського басейну. У басейні Дністра спостерігається експансія вселенців, пов'язана з діяльністю порту, інтродукцією акваріумних видів, розселенням поза річковою мережею. Дніпро і Південний Буг формують естуарну систему, здатну слугувати брамою для проникнення вселенців у обидва басейни. Незважаючи на різноманітність біотопів, наявність великих портів, розвиненого судноплавства та системи каналів, ці басейни не представляють у даний момент значного коридору інвазії, але мають такий потенціал у випадку вторгнення до них екзотичних видів. Близько розташовані гирлові області басейнів Приазов'я можуть сприяти експансії видів, що розселяються поза водною мережею.

**Моніторинг і аналіз експансії чужорідних молюсків у Північне Причорномор'я.** Раніше на підставі гідрографічних зв'язків у Європі були виділені "гідрографічні" коридори, утворені великими ріками та каналами. Південний, Центральний і Північний коридори зв'язують Понто-Каспійський регіон з Північним, Балтійським і Білим морями [Vaate et al., 2002; Galil et al., 2007]. Нами на прикладі Чорноморського прибережного коридору інвазії була висунута концепція лінійних коридорів інвазії, не пов'язаних з гідрографічною мережею річкових басейнів [Сон, 2007], згодом прийнята для опису коридорів подібного типу [Panov et al., 2009]. За аналізу та моніторингу біоінвазій в межах коридорів виділяються облікові одиниці [Panov et al., 2009]. Розглянутий регіон охоплює наступні одиниці: оз. Сасик; дельти Дунаю, Дніпра й Дністра; Дністровський, Сухий, Березанський і Дніпровсько-Бузький лимани, низов'я Дону. Ці коридори європейського масштабу утворюються комбінацією трьох типів коридорів, сформованих експансією руслами рік, що захоплює значну частину басейну (Рейн-Дунай, Дніпро-Вісла), експансією системами каналів, що послідовно поєднують прилеглі річкові басейни (П. Буг-Дніпро-Дон) або, що пролягають поза гідрографічною мережею (Чорноморський прибережний коридор). Перший, "басейновий", тип формується експансією як мешканців річкового русла, так і мешканців крайових біотопів. Другий, "каналний", тип формується переважно експансією мешканців річкового русла. Третій, "позагідрографічний", тип формується експансією видів, здатних до подолання просторів суходолу або морського середовища.

**Зоогеографічний аналіз.** Спеціальні дослідження показали значну подібність характеру експансій молюсків та інших груп водних безхребетних. Вторгнення в Понто-Каспійську область відбувається через басейни Дунаю або морським шляхом через естуарії північно-західної частини Чорного моря. Вторгнення в Палеарктичну область із Понто-Каспійської відбувається через Дніпровський каскад водосховищ і інтегровані з ним системи каналів. При цьому, "вхід" і "вихід" з Понто-Каспійської області географічно роз'єднані й у великому ступені ізольовані. Обмін малакофауною між Дніпровсько-Бузьким та іншими великими річковими басейнами в межах Понто-Каспійської області характерний лише для видів, здатних здійснювати експансію поза річковою мережею. Такий тип експансії формує коридор інвазії, здатний пов'язувати Південний, Центральний і Північний коридори.

**Хронологічний аналіз експансії.** Були розраховані хронологічні показники експансії молюсків BCR і PBCR, що відображають загальну й питому (для окремих векторів) інтенсивність експансії. BCR експансії молюсків у регіоні (рис. 2) показує наявність різночасних піків інтенсивності експансії, а інтенсивність PBCR дозволяє пов'язати піки інтенсивності інвазій з різними типами господарської діяльності: інтенсифікацією акваріумної індустрії в кінці XIX - на початку XX ст.; відкриттям регіонального ринку живих організмів наприкінці XX ст.; активним гідротехнічним будівництвом і зарибленням водойм.

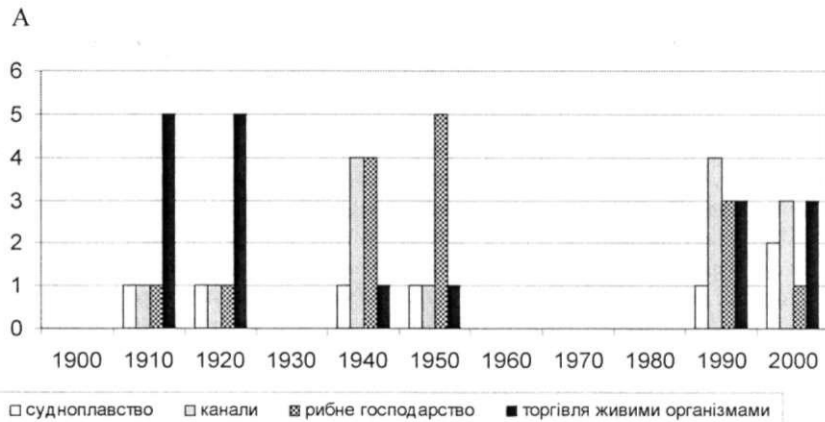
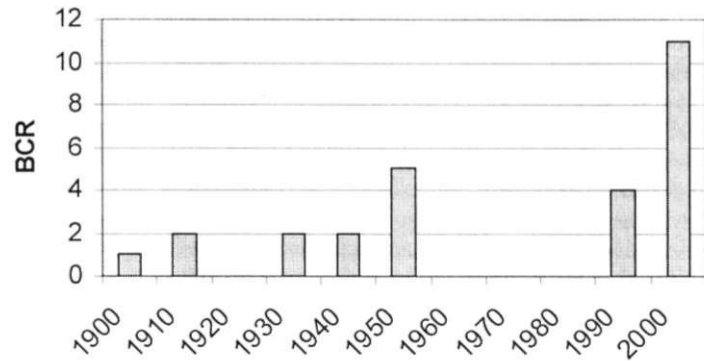


Рис. 2. Зміни хронологічних показників експансії молюсків у прісній й солонуватій воді Північного Причорномор'я: А - BCR, Б - PBCR

**Аналіз диференційованості інвазії в річкових басейнах.** Аналіз співвідношення трьох типів векторів інвазії (розселення по гідрографічній мережі; розселення поза гідрографічною мережею; локальне вселення) показав відмінності між річковими басейнами, охопленими різними типами коридорів. У Хаджибейському лимані й басейнах малих рік, не охоплених коридорами інвазії, представлені тільки вектори локального вселення. У ріках Каланчак і Барабой, а також басейні оз. Сасик (коридори каналного типу) переважають вектори розселення по гідрографічній мережі. У басейнах більшості морських лиманів і р. Дністер (позагідрографічний коридор) значну роль відіграють вектори розселення поза гідрографічною мережею. У басейнах, охоплених як позагідрографічним, так і іншими коридорами, спостерігається відносна рівновага всіх типів векторів. Аналіз біотопічного розподілу молюсків-вселенців показав зв'язок між ним і морфологічною структурою річкового

басейну: концентрацію вселенців у прісноводних руслових біотопах для басейнів, що не мають великого естуарію та біотопах "ріка-море" у басейнах, представлених великим лиманом і малими ріками, велику різноманітність задіяних в експансії біотопів у річкових басейнах, що мають розвинену естуарну область і великі ріки, що не пересихають.

**Моніторинг коридорів інвазії.** У моніторингу коридорів інвазії ключовими моментами є ранжування облікових одиниць за допомогою показників біозабруднення. Для цього використовуються показники ризику біозабруднення (IBPR index), інтенсивності інвазій (BCR); виявлення ефективних векторів (PBCR = 4-5) і високоінвазійних видів (SBP risk index = 3). Показники, розраховані для Чорноморського прибережного коридору (рис. 3), показують неоднорідність його облікових одиниць.

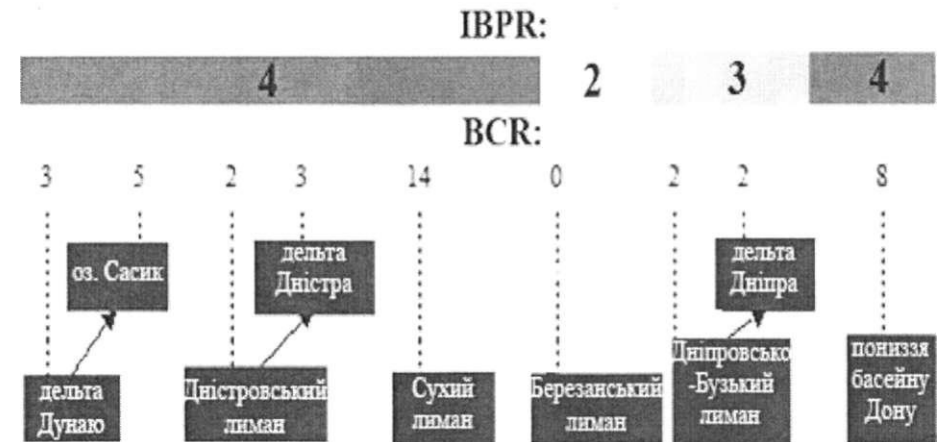


Рис. 3. Ризик біозабруднення (IBPR index) і інтенсивність інвазій (BCR)

Також неоднорідний розподіл високоінвазійних молюсків-вселенців в облікових одиницях коридору: *Corbicula* spp. - дельта Дунаю; *S. woodiana* - дельта Дунаю й оз. Сасик; *D. polymorphopolymorpha* - оз. Сасик і Сухий лиман; *D. bugensis* - Дністровський лиман, дельта Дністра й басейн Нижнього Дону; *M. leucophaeata* - Дністровський лиман; *H. glabra* - басейн Нижнього Дону; *P. jenkinsi* - усі облікові одиниці, крім дельт Дністра й Дніпра. Незважаючи на відносну однорідність ефективних векторів інвазії (рис. 4), спостерігається розрив між зонами з високими показниками біозабруднення, що перебувають на кінцях коридору (ці зони містять облікові одиниці з високою інтенсивністю вселення нових видів). Провідна роль в експансії молюсків належить саморозселенню видів, що вже вселилися (зокрема раніше побудованими каналами). Потoki вселенців між обліковими одиницями Чорноморського прибережного коридору в сукупності формують орієнтацію коридору уздовж

Азово-Чорноморського узбережжя від Південного коридору інвазії до Північного, що слід урахувати при моніторингу високоінвазійних видів.

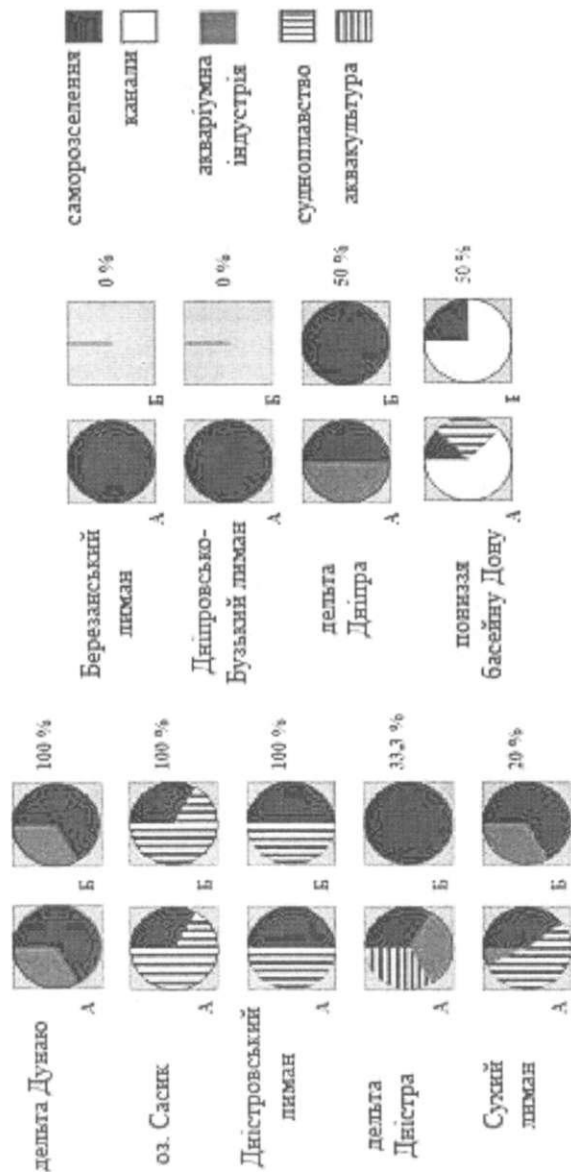


Рис. 4. Співвідношення ефективних векторів інвазії за 1998-2008 р.р. у Чорноморському прибережному коридорі: А - усі види, Б – солонувато- і прісноводні молюски (із вказівкою їх частки в показнику BCR)

**Локальний моніторинг біологічних інвазій.** Важливим завданням у локальному моніторингу є оцінка біозабруднення в конкретних водних об'єктах. Основним показником тут є поширення окремих видів-вселенців у межах розглянутої території (рис. 5).

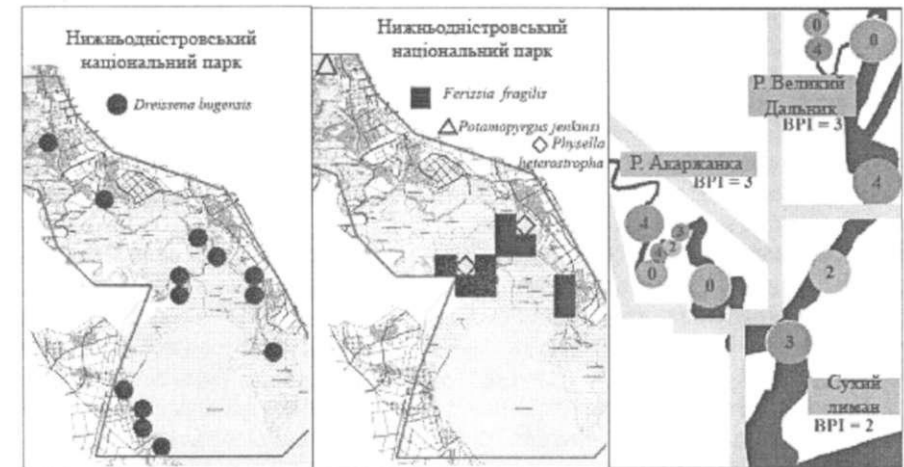


Рис. 5. Розселення прісноводних і солонуватоводних молюсків-вселенців на території планованого національного парку й біозабруднення в басейні Сухого лиману: SBCI (у колах) і BPI

Картування вселенців при екологічному районуванні території Нижньодністровського національного парку показало рівномірне розселення *D. bugensis* і неоднорідне розселення видів, що заселяють заплавні біотопи. Схема дозволяє враховувати це при районуванні території: значні ділянки виявилися не охопленими інвазіями, а серед річкових ділянок найбільш забрудненим вселенцями є район з найбільшим антропогенним навантаженням.

Для оцінки інтегрального впливу вселенців на локальну екосистему використовується показник BPI. У випадках, коли розглянута територія вирізняється високою мозаїчністю умов, для характеристики просторової неоднорідності біозабруднення бажане застосування показника SBCI. На рис. 6 показана неоднорідність SBCI у басейні Сухого лиману, для якого характерний високий (IBPR = 4) ризик біоінвазій: домінування в ненасичених біотопах (ділянки малих рік зі штучно прискореним плином) агресивного вселенця *P. jenkinsi* формує мозаїчний характер біозабруднення. При цьому SBCI у всіх зонах його проживання, крім одного нехарактерного для нього біотопу, рівний або вище цього показника в акваторії порту, де зареєстрована велика кількість морських вселенців (BPI у малих ріках також вище, ніж у лимані). У цьому випадку агресивний вселенець у ненасичених антропогенних біотопах призводить до більшого локального забруднення видами-вселенцями (SBCI) та

впливу вселенців на екосистему (BPI), ніж різноманітна фауна вселенців у слабо зміненої екосистемі.

Моніторинг біоінвазій має наступні типи використання: накопичення даних у глобальних масштабах (забезпечення інформації, що використовується для прогнозування й завчасного реагування) і оцінка процесів, ризиків і стану екосистем для локального екосистемного менеджменту. Забезпечення інформації відбувається з використанням систем швидкого реагування, що включають узагальнення GIS-орієнтованої інформації у вигляді інтерактивних баз даних. Завдання систем швидкого реагування - реєстрація експансії, яка при знанні коридорів інвазії робить можливим прогнозування їх подальшого розвитку [Panov, Gollasch, 2006; Son, Panov, 2008]. Основою європейської системи раннього реагування в галузі біоінвазій є сукупність баз даних та інформаційних ресурсів, де інструментом захисту авторських прав є спеціалізовані електронні ресурси, такі, як, наприклад, журнал *"Aquatic Invasions"*, концепція якого включає об'єднання журналу з прискореними темпами опублікування й інтерактивних інструментів раннього попередження інвазій [Panov et al., 2008].

Залежно від цілей екосистемного менеджменту в моніторингу слід застосовувати всі елементи розглянутої в роботі методології оцінки ризику (ідентифікацію шляхів вторгнення, маршрутів і коридорів; виділення облікових одиниць; аналіз векторів інвазії, інтенсивності біоінвазій, рівня біозабруднення, інвазійності) або ж оцінювати окремі показники (ризик експансії високоінвазійних видів, рівень біозабруднення).

**Прогнозування експансії чужорідних молюсків у Північне Причорномор'я.** Економічна необхідність контролю біоінвазій викликає потребу в розробці формалізованих методик прогнозування. Наш аналіз рис, що традиційно висвітлюються як сприятливі для успішної інвазії (прискорене розселення; швидкий розвиток; висока продуктивність та ін. [Stohlgren, Schnase, 2006]), показав, що вони є лише складовими різних, рівною мірою успішних, життєвих стратегій. Це робить безглуздим спроби передбачення "ідеального вселенця". Прогнозування інвазій на підставі властивостей виду в нативному ареалі або властивостей екосистем - потенційних реципієнтів - має серйозні недоліки у зв'язку з неможливістю охоплення при прогнозуванні всієї різноманітності цих властивостей. Нами була розроблена система прогнозування інвазій, в основі якої лежить не здатність виду до постійного поселення в екосистемі-реципієнті, а здатність до утворення групи, що розселяється в транспортувальному середовищі.

Переваги підходу: а) обмежена різноманітність транспортувальних середовищ: середовища, пов'язані із судноплавством (баластні води, поверхня та ін.); організм-хазяїн; середовища, спеціально пристосовані для транспортування виду; обмежена різноманітність умов усередині транспортувальних середовищ, і, відповідно, властивостей, що забезпечують проживання в них; передбачуваність шляхів і механізмів переміщення таких середовищ.

Структура системи прогнозування: 1) два блоки - прогнозування вселення з первинних ареалів у розглянутий регіон і вселення в розглянутий регіон з новопридбаного ареалу; 2) два рівні відбору видів: у першому блоці - здатних до виживання в транспортувальних середовищах, у другому - відзначених системами швидкого реагування й іншими типами моніторингу в потенційних регіонах-донорах; 3) в обох блоках використовується первинний відбір сукупності розглянутих видів для кожного вектору інвазії, встановлення можливих векторів інвазії для окремих ділянок регіону і наявності таких видів у регіонах-донорах. У ній використовуються первинні дані, що стосуються ареалів організмів, регіональних аспектів антропогенних процесів, векторів інвазії, біологічних інвазій у регіонах-донорах.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведені теоретичне узагальнення і нові шляхи вирішення наукової задачі, що полягає в розробці комплексних підходів до оцінки, моніторингу і прогнозування біологічних інвазій.

1. У прісних і солонуватих водах Північного Причорномор'я відзначено 15 екзотичних видів молюсків.

2. Північне Причорномор'я є донором інвазій автохтонних молюсків: для п'яти видів відзначені масові вселення в багато річкових басейнів і для восьми видів - крапкові інвазії; паралельно йде зникнення таких молюсків в окремих басейнах. У результаті відбувається гомогенізація малакофауни понто-каспійського типу в зонах її реліктового перебування.

3. Експансія молюсків у Північному Причорномор'ї формується просуванням великими ріками й каналам, інтродукцією акваріумних видів і морським судноплавством. Зосередження водних об'єктів уздовж прибережної смуги формує Чорноморський прибережний коридор інвазії видів, здатних розселятися поза гідрографічною мережею.

4. Річкові басейни Європи пов'язані трьома типами коридорів інвазії: ті, що формуються експансією руслами рік на значній частині їх довжини; ті, що формуються експансією системами міжбасейнових каналів, що поєднують прилеглі річкові басейни; ті, що пролягають поза гідрографічною мережею. Вони різняться співвідношенням векторів інвазії у річкових басейнах, що входять в них, екологією вселенців і темпами експансії. Характер біотопічного розподілу молюсків-вселенців річкових басейнів регіону залежить від гідрології та гідроморфології басейну.

5. Показник Pathway-specific Biological Contamination Rate виявляє в Північному Причорномор'ї різночасні піки інтенсивності інвазій, викликані акваріумною індустрією; відкриттям регіонального ринку, акліматизацією фауни у водосховища й гідротехнічним будівництвом. У наш час провідна роль в експансії молюсків у регіоні належить саморозселенню видів, що вже вселилися раніше.

6. Ризик біологічних інвазій у Чорноморському прибережному коридорі максимальний на ділянках, що прилягають до Південного й Північного коридорів, і мінімальний на центральній ділянці; потік молюсків-вселенців у

коридорі орієнтований від Південного коридору інвазії до Північного. Інтенсивність інвазій і розподіл високоінвазійних молюсків-вселенців в облікових одиницях коридору неоднорідні. Найбільш активно й широко в коридорі відбувається розселення двох високоінвазійних видів: понто-каспійської *Dreissena bugensis* та екзотичного *Potamopyrgus jenkinsi*.

7. Одночасне використання індексів, що оцінюють різні складові біологічного забруднення: рівень вселення у структуру угруповання (Site-specific Biological Contamination Index) і вплив вселенців на екосистему (Biological Pollution Index), дозволяє оцінити рівень і просторовий розподіл біологічного забруднення. Оцінка біологічного забруднення екосистем різних типів цими показниками показала, що присутність високоінвазійного вселення в збіднених угрупованнях антропогенних біотопів здатна призводити до більш високого рівня біологічного забруднення, ніж сукупність великого числа подібних до нього за рівнем інвазійності видів-вселенців у багатій видами слабозміненій екосистемі.

8. Пристосованість видів до проживання в транспортувальних середовищах дозволяє прогнозування розселення видів з первинного ареалу краще, ніж прогнозування на підставі аналізу пристосованості до можливих умов регіону-реципієнта.

#### СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сон М. О. Моллюски-вселенцы в пресных и солоноватых водах Северного Причерноморья / М. О. Сон. — Одесса: Друк, 2007. — 132 с: ил., табл. - Библиогр.: с. 118-131.
2. Сон М. О. Малакофауна урбанизированных местообитаний г. Одессы / М. О. Сон // Вісник Дніпропетровського університету. Серія „Біологія. Екологія”.-2005.-Т. 13, №2.-С. 175-179.
3. Сон М. О. Моллюски малых водоемов Юга Украины / М. О. Сон // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск "Пдроекологія". - 2005. - № 3. - С. 412-413.
4. Сон М. О. Напрямки експансії неендемичних видів молюсків у внутрішні води України / М. О. Сон // Вісник ОНУ. Біологія. - 2006. - Т. 11, № 9. - С. 169-173.
5. Alexandrov B. Trends of aquatic alien species invasion in Ukraine / B. Alexandrov, A. Boltachev, T. Kharchenko, A. Lyashenko, M. Son, P. Tsarenko, V. Zhukinsky // Aquat. invasions. - 2007. - Vol. 2, № 3. - P. 215-242. (Здобувачем виконаний аналіз даних щодо молосків).
6. Son M. O. North American freshwater limpet *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) - the cryptic invader in the Northern Black Sea Region / M. O. Son // Aquatic invasions. - 2007. - Vol. 2, № 1. - P. 55-58.
7. Сон М. О. Моллюски-вселенцы (Mollusca, Bivalvia, Gastropoda) дельты Дуная / М. О. Сон // Вестник зоологии. - 2007. - Т. 41, № 3. - С. 213-218.
8. Arbaciauskas K. Assessment of biocontamination of benthic macroinvertebrate communities in European inland waterways / K. Arbaciauskas, V.

Semenchenko, M. Grabowski, R. S. E. W. Leuven, M. Paunovic, M. O. Son, B. Csanyi, S. Gumuliauskaite, A. Konopacka, S. Nehring, G. van der Velde, V. Vezhnovetz, V. E. Panov // Aquatic invasions. - 2008. - Vol. 3, № 2. - P. 211-230. (Здобувачем виконаний збір та обробка матеріалу з Північного Причорномор'я та його аналіз, написана частина статті).

9. Сон М. О. Бассейн Дона - новый этап экспансии *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith, 1889) (Gastropoda, Hygrobioidea) в Европе / М. О. Сон, М. В. Набоженко, И. В. Шохин // Доклады академии наук. - 2008. - Т. 419, № 4. - С. 572-573. (Здобувачем виконаний збір та обробка частини матеріалу та його аналіз).

10. Son M. O. Rapid expansion of the New Zealand mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843) in the Azov-Black Sea Region / M. O. Son // Aquatic invasions. - 2008. - Vol. 3, № 3. - P. 335-340.

11. Сон М. О. Современные подходы в оценке биологического загрязнения водной среды / М. О. Сон // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. - 2008. - № 3. - С. 141-143.

12. Panov V. E. Assessing the risks of aquatic species invasions via European inland waterways: from concepts to environmental indicators / V. E. Panov, B. Alexandrov, K. Arbaciauskas, R. Binimelis, G. H. Copp, M. Grabowski, F. Lucy, R. S.E.W. Leuven, S. Nehring, M. Paunovic, V. Semenchenko, M. O. Son // Integrated Environmental Assessment and Management. - 2009. - Vol. 5, № 1. - P. 110-126. (Здобувачем виконаний збір та обробка матеріалу з Північного Причорномор'я та його аналіз, написана частина статті).

13. Волошкевич Е. В. *Corbicula fluminalis* - новый вид двустворчатого моллюска для фауны Украины / Е. В. Волошкевич, М. О. Сон // Вестник зоологии - 2002. - 36, № 6. - С. 94. (Здобувачем виконана камеральна обробка та аналіз матеріалу).

14. Сон М. О. Моллюски-вселенцы на территории Украины: источники и направления инвазии / М. О. Сон // Чужеродные виды в Голарктике (Борок-2): тез. докл. II межд. Симпозиума по изучению чужеродных видов. - Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2005. - С. 119-120.

15. Сон М. О. Проблема моллюсков-вселенцев в малых водотоках Азово-Черноморского бассейна / М. О. Сон // IX Съезд Гидробиологического общества РАН. Т. II. (Тольятти, 18-22 сентября 2006 г.). - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006.-С. 164.

16. Сон М. О. Эстуарии и низовья рек Северного Причерноморья как инвазионный коридор для беспозвоночных / М. О. Сон // Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. - С. 278-279.

17. Сон М. О. Понто-Каспийский регион как донор и реципиент биологических инвазий моллюсков во внутренних водах Европы / М. О. Сон // Живые объекты в условиях антропогенного пресса: материалы X международной научно-практической конференции. - Белгород: ИПЦ «Политерра», 2008. - С. 203-204.

## АНОТАЦІЯ

**Сон М. О. Моллюски-вселенці в прісних та солоноватих водах Швччного Причорномор'я (сучасний стан, оцінка ризику та екологічний прогноз). - Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 - екологія. Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, МОІ України. - Одеса, 2010.

Дисертація є першим комплексним дослідженням швазі' моллюсків в прісних та солоноватих водах Швччного Причорномор'я.

Обговорено! видовий склад, таксономія, екологія та зоогеографія екзотичних видів і близьких вселенців. Надано нові дані щодо хронології Ух експансії.

Вперше вшчено окремих напрям вторгнення - "Чорноморський прибережний коридор". Вш забезпечує обміш екзотичними видами м!ж нижшми дшянками великих річкових басейнів дослідженого періоду.

Були розвинені й протестовані шдходи до аналізу та оцінки ризику швазіш чужинних вшив, яю використовуються як екологічні шдикатори. Процедури оцінки ризику та шдикатори якості водного середовища щодо видів-вселенців були протестовані на окремих екосистемах (обшових одиницях) у межах Чорноморського прибережного коридору швазіш та шших екосистем Швччного Причорномор'я.

Прогнозування швазіш базувалося на аналізі потенційних векторів вторгнення.

**Ключові слова:** біологічні швазі', моллюски, оцінка ризику, екологічний прогноз.

## АННОТАЦИЯ

**Сон М. О. Моллюски-вселенцы в пресных и солоноватых водах Северного Причерноморья (современное состояние, оценка риска и экологический прогноз). - Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 - экология. Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, МОН Украины. - Одесса, 2010.

В диссертации впервые обобщены сведения об инвазиях моллюсков в пресные и солоноватые воды Северного Причерноморья. Обсуждены видовой состав, таксономия, экология и зоогеография экзотических видов и близких вселенцев. В данном регионе отмечено 15 экзотических и два криптогенных (неизвестного происхождения) вида моллюсков. Для 13 автохтонных для региона видов отмечены факты расширения ареалов. Приведены принципиально новые данные о хронологии экспансии моллюсков.

Установлено, что экспансия моллюсков в Северном Причерноморье формируется продвижением по крупным рекам и каналам, интродукцией аквариумных видов и морским судоходством. Сосредоточение водных

объектов вдоль прибрежной полосы формирует Черноморский прибрежный инвазионный коридор, по которому происходит интенсивный перенос видов, способных расселяться вне гидрографической сети. Выделение этого направления инвазий существенно дополняет существующие концепции инвазионных коридоров.

В нашей работе разработаны и протестированы подходы к оценке, мониторингу и предсказанию биологических инвазий, в том числе использующие показатели, отражающие следующие аспекты биологического загрязнения: интенсивность биологических инвазий за учетный период и роль отдельных векторов инвазии; инвазивность вселенцев; риск биологического загрязнения; локальное загрязнение сообщества чужеродными видами; воздействие вселенцев на экосистему.

Хронология экспансии моллюсков-вселенцев в пресные и солоноватые воды Северного Причерноморья имеет разновременные пики интенсивности, связанные с различными типами хозяйственной деятельности. Бассейны региона, в которых обнаружены моллюски-вселенцы, резко различаются по характеру биотопического распределения вселенцев, зависящему от гидрологии и гидроморфологии бассейна.

Риск биологических инвазий в Черноморском прибрежном коридоре максимален на участках, примыкающих к Южному и Северному коридорам) и минимален на центральном участке; поток моллюсков-вселенцев в коридоре ориентирован вдоль Азово-Черноморского побережья, от Южного коридора инвазии к Северному. Интенсивность инвазий и распределение высокоинвазивных моллюсков-вселенцев в учетных единицах коридора неоднородно.

Одновременное использование индексов, оценивающих уровень внедрения вселенцев в структуру сообщества и влияние вселенцев на экосистему, позволяет оценить уровень и пространственное распределение биологического загрязнения. Оценка биологического загрязнения экосистем различных типов этими показателями показала, что присутствие высокоинвазивного вида-вселенца в обедненных сообществах антропогенных биотопов способно приводить к более высокому уровню биологического загрязнения, чем совокупность большого числа равных ему по уровню инвазивности видов-вселенцев в богатой видами слабоизмененной экосистеме.

Разработана система прогнозирования инвазий на основании анализа приспособленности видов к обитанию в транспортирующих их средах (балластная вода, корпус судна, организм-хозяин, аквариум) в совокупности с применением систем раннего реагирования и анализом коридоров инвазии.

**Ключевые слова:** биологические инвазии, моллюски, оценка риска, экологический прогноз.

## SUMMARY

**Son M. O. Alien molluscs in fresh and brackish waters of the Northern Black Sea Region (recent state, risk assessment, and ecological prediction). - Manuscript.**

Thesis for a degree of Candidate of Biological Sciences (Ph. D. (Biology)) by specialty 03.00.16 - ecology. Odessa Mechnikov National University, MES of Ukraine. - Odessa, 2010.

This thesis is the first complex investigation of molluscan invasion in fresh and brackish waters of the Northern Black Sea Region.

Species composition, taxonomy, ecology, and zoogeography of exotic species and nearby aliens are discussed. New data on chronology of its expansion is cited.

Particular direction of invasion - "Black Sea Coastal corridor" was marked in first. It allows exchange of exotic species between lower stretches of larger river basins in the studied region.

Were developed and tested the approaches to analysis and risk assessment for alien species introductions that used as environmental indicators. The risk assessment procedures and water quality indicators on alien species were tested for selected ecosystems (assessment units) within Black Sea Coastal corridor of invasions and other ecosystems of the Northern Black Sea Region.

Forecasting of invasion based on analysis of potential vectors of invasion is grounded.

**Key words:** biological invasions, molluscs, risk assessment, ecological prognosis.