

Відзив офіційного опонента

на дисертацію Садогурської Софії Сергіївни на тему «Рід *Cystoseira* s.l. у Чорному морі та Левантійському басейні Середземного моря», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія»

Багаторічні бурі водорості з роду *Cystoseira* s.l. є найбільш поширеними едифікаторами угруповань фітобентосу та візитною карткою донної рослинності усього Середземноморського басейну, включаючи і Чорне море. З екологічної точки зору, представники цього роду є ключовими індикаторами якості морського середовища. У Чорному морі представники роду *Cystoseira* разом з родом *Phyllophora* розпочинають ряд екологічної активності фітобентосу, маючи найнижчі для водної рослинності чорноморської екосистеми показники питомої поверхні, які не перевищують $8-14 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. Це яскраво виражені сенситивні види, які є першими претендентами на випадання із структури фітоценозів донної рослинності, якщо в екосистемі відбувається інтенсифікація первинно-продукційного процесу через антропогені чи природно-кліматичні чинники. Умовно кажучи, це такі собі «лампочки» з найтоншою ниткою розжарення, що перегорять першими, як тільки в мережі підвищується напруга. У зв'язку з тим, що нині в Україні відбувається активна імплементація стандартів Європейських водних директив (WFD, 2000/60/EC; MSFD, 2008/56/EC), пошук чутливих біологічних «key elements» для проведення моніторингу і визначення екологічного статусу класу (ESC) морського середовища є безумовно актуальним дослідницьким завданням. Таким чином, предмет дисертаційної роботи, пов'язаний з комплексним завданням дослідження морфолого-анатомічних, молекулярно-філогенетичних, фітогеографічних та номенклатурно-таксономічних особливостей представників роду *Cystoseira* s.l. у Чорному морі та в Левантійському басейні Середземного моря, є безумовно своєчасним і актуальним, як для теоретичних, так і для прикладних біологічних досліджень рослинності європейських морських екосистем.

Що стосується новизни досліджень, проведених у дисертаційній роботі С.С. Садогурської, то як фахівець, що більше 40 років займається питаннями екології морської рослинності, можу підтвердити: вирішення номенклатурно-таксономічних питань для ценозоутворюючих представників донної рослинності з роду *Cystoseira* на сучасному морфолого-анатомічному та молекулярно-філогенетичному рівні є довгоочікуваним результатом для широкого кола дослідників морських екосистем. Основні геоботанічні та критико-систематичні дослідження цистозір Чорного моря були виконані класиками альгологічних досліджень А. Д. Зіноювою та О. А. Калугіною-Гутник ще в 60–70-х роках минулого століття. У сучасний період молодий болгарський дослідник Демитар Беров спільно з середземноморськими фахівцями підняв питання про



ідентичність таксономічного статусу середземноморських і чорноморських представників роду *Cystoseira* (*C. bosphorica*, *C. crinita*). І тільки тепер у дисертаційній роботі С.С. Садогурської та її попередніх, спільних з європейськими науковцями публікаціях, на основі комплексу сучасних досліджень і поєднання результатів порівняльно-морфологічного і молекулярно-філогенетичного аналізу встановлено важливу для екологічних, геоботанічних і альгосозологічних досліджень позицію, що у Чорному морі водорості з роду *Cystoseira s.l.* представлені видами, які філогенетично належать до родів *Ericaria* та *Gongolaria*.

Оцінюючи новизну досліджень, також необхідно відмітити нетиповість роботи, пов'язану з тим, що авторів вдалося поєднати неймовірно широкий для молодого фахівця спектр напрямів і методів біологічної науки, різнопланові класичні та новітні молекулярно-генетичні методи. Як відомо, зони перекриття різних дисциплін є найефективнішим майданчиком отримання нового знання, що блискуче продемонструвала здобувачка ступеня доктора філософії С.С. Садогурська. Нею не просто продемонстровані результати опанування різних біологічних методів, але і отримано якісний науковий продукт, що вже сьогодні може бути використаний у теоретичних розробках і прикладних рішеннях у царині біології рослинності морських екосистем, а також є основою для підтвердження кваліфікації автора дисертаційної роботи, яка розглядається.

Переходячи до більш детального та критичного аналізу роботи, необхідно почати з оцінки загальної логіки викладення матеріалу. Стосовно цього треба констатувати, що всі шість завдань, які були сформульовані в меті роботи, були послідовно висвітлені у відповідних розділах (Розділи 4 – 9.) дисертації, які містять оригінальні дослідження. Окремо потрібно відмітити Розділ 1 із оглядом літератури за темою дисертації, де представлено дуже прискіпливий та кваліфікований аналіз вітчизняної і міжнародної літератури за темою роботи, починаючи з XVII століття і закінчуючи публікаціями 2021 р. Це безумовно характеризує високий загальноосвітній рівень здобувачки та є надійним критерієм глибини виконання академічних досліджень. При цьому можна зробити декілька побажань стосовно структури викладення матеріалу у розділах. Мабуть, було б логічніше, щоб усі розділи роботи мали однакову структуру із наявністю підрозділів. Наприклад, це дуже просто можна було б зробити для розділів 2 і 7, де викладається структурований матеріал для Левантійського басейну та Чорного моря, по аналогії із Розділом 6, де це зроблено. Незрозуміло, чому інформація стосовно матеріалу для порівняльно-морфологічного аналізу розміщена не у відповідному підрозділі 3.4 третього розділу, а у вступній частині Розділу 4. Те саме стосується і методичного підрозділу 5.1, (Розділ 5), хоча за логікою змістовної частини розділів місце такої інформації у

відповідному методичному підрозділі 3.5 з поміткою, ще це оригінальні методичні розробки автора роботи.

Для спеціалістів, які досліджують різні аспекти фітобентосу середземноморського басейну, напевне, найважливіша інформація серед наведеної у дисертаційній роботі, пов'язана з пропозицією нових номенклатурних комбінацій. Вона міститься у Розділі 4 «Порівняльно-морфологічний аналіз таксонів роду *Cystoseira s.l.* в Чорному морі та Левантійському басейні». До речі, назва розділу у тексті (стор.70) є скороченою у порівнянні із назвою відповідного розділу у Змісті роботи (стор.14). У розділі, що добре проілюстровано, у тому числі, і авторськими фото видів та підвидів чорноморських і середземноморських представників роду *Cystoseira s.l.*, розміщено інформацію, яка описує їх вегетативні і генеративні органи, а також анатомічні характеристики. За результатами порівняльно-морфологічного аналізу цистозир Чорного моря поставлено питання про доречність виділення внутрішньовидових таксонів у прикріпленій *Cystoseira barbata*. Встановлено, що за загальною будовою зразки *Gongolaria barbata* із Середземного моря не відрізняються від чорноморських зразків, за всіма ознаками ці зразки належать до одного виду та відповідають опису роду *Gongolaria*. Також представлено дуже важливий висновок, що для *Cystoseira bosphorica* морфологічно найближчими видами є *Ericaria crinita* та *Ericaria barbatula*. На наш погляд, основним зауваженням до Розділу 4 є перевантаженість первинною інформацією стосовно морфологічних та анатомічних параметрів аналізованих видів, яка надана лише у текстовому форматі, а не структурована і не унаочнена у вигляді таблиць чи діаграм. Це стосується і незавершеності кількісного аналізу розмірів морфологічних параметрів. При тому, що авторка, напевне, має статистичні ряди розмірів таломів та окремих вегетативних та генеративних структур і було б дуже легко відзначити мінімальні та максимальні значення та розрахувати середні значення морфологічних параметрів та коефіцієнти їх варіації, вона апелює такими науково не детермінованими поняттями, як «великий діапазон морфологічної мінливості», «найбільша мінливість» (див. стор. 72). Мінливість **форми** окремих елементів талому можна проілюструвати, як це зроблено на рис. 4.4. та 4.5. Проте підтвердженням мінливості **розмірів** є діапазони значень, розраховані за первинними вибірками. Єдина у згаданому розділі таблиця 4.1, у якій порівнюються характеристики чорноморської *Cystoseira bosphorica* Sauvageau з трьома представниками середземноморського басейну: *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry(2020: 5) *f. crinita*; *Ericaria barbatula* (Kützinger)Molinari & Guiry(2020: 5) та *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze (1891: 895), має назву, в якій відсутній наголос на основному завданні цієї таблиці і розділу – **порівнянні** (стр. 84), як базовому аналітичному підґрунті

висновку про те, що *Cystoseira bosphorica* відповідає діагнозу роду *Ericaria*, а також висновків щодо інших представників цистозір Левантійського басейну. Зауваження стосовно недостатньо чіткого пояснення вибору видів, залучених до порівняльно-морфологічного аналізу, стосується і підпідрозділу 4.1.4 «Порівняльно-морфологічний аналіз», який починається з констатуючої фрази: «Для порівняльно-морфологічного аналізу були вивчені зразки *Gongolaria barbata* та *Ericaria crinita* з Північної Адриатики, а також *Ericaria barbatula* з Сицилії та Криту (Sadogurska et al., 2021a,b)» (стр.81), без пояснення, з якими саме чорноморськими видами планується проводити порівняння, а головне – чому.

Розглядаючи наукові результати молекулярно-філогенетичного напрямку в дисертаційній роботі, необхідно звернути увагу, що здобувачка не тільки опонувала і використала новітні молекулярно-генетичні методи для досягнення основної мети роботи – дослідження представників роду *Cystoseira s.l.* в Чорному морі та Левантійському басейні, але і зробила внесок у вдосконалення методів баркодингу цистозір. Наявність не тільки конкретного наукового результату, а й удосконалення інструменту наукового дослідження завжди підвищує статус будь якої кваліфікаційної роботи. Здобувачка демонструє послідовність вирішення завдання різними методами: після порівняльно-морфологічного аналізу застосовуються молекулярно-генетичні методи та філогенетичний аналіз, щоб підтвердити попереднє припущення, що чорноморські зразки *Cystoseira bosphorica* насправді належать до роду *Ericaria* та що жодна з проаналізованих ділянок мітохондріального геному не показала достовірну відмінність чорноморських зразків *Cystoseira bosphorica* від середземноморських видів *Ericaria crinita* та *Ericaria barbatula*, та деякі інші висновки стосовно середземноморських цистозир. Що стосується більш критичного аналізу даного розділу, будемо сподіватись, що інший опонент даної роботи, якій є фахівцем з цього напрямку, зробить більш професійні, розширені та обґрунтовані висновки.

Розділ 6 дисертаційної роботи практично є аналітичним узагальненням таксономічного статусу представників роду *Cystoseira s.l.* в Чорному морі та Левантійському басейні, на основі отриманих автором попередніх результатів порівняльно-морфологічного та молекулярно-філогенетичного аналізу. Внаслідок критико-таксономічного аналізу С.С. Садогурська пропонує нові номенклатурні комбінації для двох таксонів Чорного моря та двох таксонів Левантійського басейну. Для експертів, які досліджують чорноморській фітобентос, особливо важливим є висновок, що після аналізу 11 таксонів цистозір, які раніше вказувались для Чорного моря, з'ясувалось, що тут поширені лише три таксони, що відносяться до родів *Ericaria* та *Gongolaria*:

Gongolaria barbata f. barbata, *Gongolaria barbata f. repens* та *Ericaria crinita f. bosporica*. Користуючись нагодою, хочу звернутися до автора від імені вітчизняних фахівців – морських біологів із проханням публікації методичного керівництва з визначення вищезазначених таксонів, в якому будуть наведені ідентифікаційні ключі для видів родів *Ericaria* та *Gongolaria* для українського сектору Чорного і Азовського морів з урахуванням всіх новітніх даних, які автор отримав за різними напрямками досліджень по даному питанню.

Наявність в роботі Розділу 7 свідчить про використання авторкою цілісного підходу до досліджуваної проблеми та прагнення з урахуванням нових таксономічних змін та наявних даних з філогенії роду переглянути уявлення про біогеографію роду *Cystoseira s.l.* в Середземноморському басейні та побудувати цілісну картину, яка відображає не тільки сьогоденний статус об'єкту дослідження, а має і часовий, еволюційний вектор. Зміст розділу нагадує детективне розслідування, в якому молода дослідниця навіть наважується заперечувати існуючу гіпотезу, яку, серед інших, підтримує відомий грецький експерт з середземноморських макрофітів Сотіріс Орфанідіс, стосовно того, що після Мессінської кризи солоності у плейстоцені «предок» сучасних цистозір потрапив із Атлантики до Середземного моря, де тогочасні умови стимулювали видоутворення. Взявши до уваги отримані автором результати аналізу філогенетичних відносин гаплотипів за допомогою методу медіанної мережі та враховуючи відому тривалість еволюційних процесів, можна підтримати обґрунтоване бачення автора, що розділення на окремі роди, ймовірно, відбулося ще в Атлантиці до Мессінської кризи солоності, а заселення у Середземне море представників *Ericaria*, *Gongolaria* та *Cystoseira s.s.* відбувалося незалежно один від одного. Також можна погодитися з С.С. Садогурською, що останнє проникнення у Чорне море цистозір ймовірно відбулося близько 7,5 тис. р.т., а в Азовське 3-4 тис. р.т., і лише застерегти авторку стосовно наступного припущення (стор. 180): «Внаслідок медітеранізації Чорного моря можна очікувати подальше просування середземноморських таксонів». Як уже було зазначено вище, чорноморські представники роду *Cystoseira s.l.* є вираженими сенситивними видами з дуже низькими коефіцієнтами екологічної активності. Головною перешкодою та стримуючим фактором проникнення у чорноморську екосистему великих форм макрофітів, які мають товсті структурні елементи талому, як у цистозір, а отже низькі значення питомої поверхні (менше $10 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$) є високий рівень продукційних процесів у порівнянні з Середземномор'ям, пов'язаний з евтрофуванням екосистеми Чорного моря найбільшими європейськими річками – Дунаєм, Дністром та Дніпром. Із трьох видів, що мешкають зараз у Чорному морі, в найбільш евтрофній північно-західній частині розповсюджена

Gongolaria barbata f. barbata, яка має найбільший відомий для цього роду коефіцієнт екологічної активності, який, наприклад, в екосистемі Тилігульського лиману може досягати $15 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. Схоже, що саме цей вид демонструє межу спроможності морфологічної пластичності цього таксону, тому для Чорного моря треба з обережністю прогнозувати подальше просування середземноморських таксонів цистозірів.

Інформація, представлена в розділах 8 та 9, за змістом стоїть дещо відокремлено у порівнянні з напрямками досліджень роду *Cystoseira s.l.*, викладеними у розділах 4 – 7 і присвячується гідроботанічним дослідженням угруповання *Gongolaria barbata* – *Codium vermilara* + *Laurencia coronopus* в акваторії НПП «Джарилгацький» та пропозиції охорони чорноморських угруповань фітобентосу, до яких входять представники роду *Cystoseira s.l.*, на основі міжнародного природоохоронного інструменту – Смарагдової мережі. При цьому необхідно зазначити, що саме у цих розділах, на прикладі головного об'єкту досліджень дисертаційної роботи – таксонів роду *Cystoseira s.l.*, авторка демонструє різноплановість своїх наукових інтересів та наробок у різних напрямках біологічної науки. Що стосується гідроботанічного опису угруповання в Джарилгацькій затоці, до складу якого входять виключно сенситивні види, дійсно, це важливий факт і підґрунтя для розгляду цієї акваторії в українському секторі Чорного моря, на сучасному етапі, в якості референтного водного тіла для визначення Доброго екологічного статусу (GES) за стандартами Морської стратегії ЄС, на підставі структури угруповань макрофітів. Для цього рідкісного і вперше описаного угруповання надається інформація щодо флористичного складу, проективного покриття, сапробіологічної, галобної структури та охоронного статусу видів. Це важлива інформація для подальшого моніторингу і контролю за динамікою зміни структури макрофітів. На жаль, у роботі відсутні відомості щодо ключового гідроботанічного показника – біомаси фітоценозів. Водночас це ключовий індикатор моніторингу бентосної рослинності, на підставі якого у подальшому можливо робити висновки щодо тенденцій зміни структури рослинного покриву. Пропозиції колективу авторів за участю С.С. Садогурської стосовно включення у Смарагдову мережу 16-ти нових об'єктів, які в майбутньому можуть забезпечити охорону угруповань цистозіри та інших морських та приморських біотопів, можна розглядати як констатуючу інформацію, викладену у форматі вимог Смарагдової мережі. Мабуть, головним коментарем до цієї інформації є дійсна важливість розширення природоохоронних сайтів, у першу чергу на узбережжі Кримського півострова, який є осередком найбільш цінного та високого біологічного різноманіття. Підтвердженням важливості зроблених пропозицій, може бути факт, що від загальної площі всіх морських охоронюваних територій (MPAs) України, лівова частина - 99,8 % знаходиться в північно-

західній частині Українського сектору Чорного моря и лише 0,2 % в регіоні Кримського півострова (Aleksandrov, B., Minicheva, G. and Zaitsev, Ya. (2017) *Black Sea network of marine protected areas: European approaches and adaptation to expansion and monitoring in Ukraine, in Management of Marine Protected Areas: A Network Perspective.* (Ed. P. Goriup). John Wiley & Sons Ltd. pp. 227-246).

За прийнятими стандартами, текст дисертаційної роботи закінчується узагальненими висновками, в яких представлені основні наукові здобутки дисертанта. Можна підтвердити, що науковий продукт, отриманий при виконанні дисертаційної роботи, майже в повному обсязі представлений у восьми висновках. 1-ий висновок стосується результатів методичних розробок баркодингу цистозир. 2-й і 3-й висновки представляють ключові наукові результати роботи стосовно номенклатурно-таксономічної ревізії водоростей з роду *Cystoseira s.l* у Чорному морі та Левантійському басейну. 4-ий висновок представляє результати порівняльно-морфологічного аналізу. Шкода, що він відображає лише результати щодо левантійських видів і не представляє дуже важливої інформації, яка наведена в підрозділі 4.1. і стосується морфологічних особливостей чорноморських таксонів. Результати Розділу 7 в повному обсязі представлені у 5-тому та 6-му висновках. Також добре відображені результати розділів 8 та 9 у відповідних висновках 7 і 8. І якщо до змісту висновків майже немає зауважень, звертає на себе увагу використана здобувачкою стилістика, що не відповідає формату висновків. Лише висновки 1,4,7 відповідають стилістиці формулювання «Висновки», у решті інформація представлена не у форматі «що отримано», а у форматі «що зроблено», тобто у форматі «Результати» чи «Автореферат».

НА завершення, підсумовуючи вище наведений аналіз дисертаційної роботи С.С. Садогурської та відповідаючи на обов'язкові питання офіційного опонента можу засвідчити, що наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, є повністю обґрунтованими, мають актуальну та перспективну теоретичну і практичну значущість, та роблять вагомий внесок у розвиток вітчизняної та міжнародної біологічної науки. Основні наукові положення в повному обсязі опубліковані (у співавторстві та самостійно) у 4 статтях у наукових виданнях, що індексовані у наукометричних базах даних Web of Science та Scopus, у розділах 4-х монографій (у співавторстві), та у 12-ти публікаціях матеріалів конференцій на наукових семінарах. Відповідні публікації наведено наприкінці кожного розділу. Текст роботи викладено грамотною українською мовою, майже немає помилок, дисертація оформлена охайно. В тексті дисертації та ілюстративному матеріалі використанні посилання на відповідні вітчизняні та міжнародні публікації, що свідчить про відсутність порушення академічної доброчесності.

Враховуючі високу науково-практичну значущість результатів, які отримані в роботі С.С. Садогурської у морфолого-анатомічному, молекулярно-філогенетичному, фітогеографічному, гідроботанічному та альгосозологічному напрямках біологічної науки, вважаю, що дисертація «Рід *Cystoseira s.l.* у Чорному морі та Левантійському басейні Середземного моря» є науково-кваліфікаційною роботою, в якій здобувач в повному обсязі, на сучасному рівні вирішив дослідницьку мету та наукові завдання. Рукопис дисертації відповідає вимогам «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», від 6 березня 2019 р., № 167, а сам здобувач Софія Сергіївна Садогурська заслуговує ступеня доктора філософії з галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія».

Офіційний опонент

Завідуючій відділом морфофункціональної екології
водної рослинності

Інституту морської біології НАН України,
член-кореспондент НАН України

Г. Г. Мінічева

11.06.2021

Підпис Мінічевої Г.Г. підтверджую
Помічник директора

О.Ю. Михалечко

