

## АНОТАЦІЯ

**Садогурська С.С. Рід *Cystoseira* s.l. у Чорному морі та Левантійському басейні Середземного моря.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія». – Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вивченню таксономічного статусу та філогенетичних зв'язків морських бурих водоростей з роду *Cystoseira sensu lato* (*Cystoseira sensu stricto*, *Gongolaria* Boehmer та *Ericaria* Stackhouse) у Чорному морі та Левантійському басейні Середземного моря з метою уточнення відомостей про їхнє таксономічне різноманіття і розповсюдження в межах Середземноморського басейну, а також вдосконалення заходів охорони утворюваних ними угруповань і оселищ.

За результатами досліджень розроблені методичні аспекти консервування та обробки матеріалу, а також модифікований протокол виділення ДНК із бурих водоростей на основі фенол-хлороформного методу. Показано, що маркерна послідовність mt-spacer (мітохондріальний міжгенний спейсер 23S-tRNA<sup>Val</sup>) є найбільш перспективною для баркодингу цистозір.

За результатами порівняльно-морфологічного та молекулярно-філогенетичного аналізу встановлено, що у Чорному морі водорості із роду *Cystoseira* s.l. представлені видами, які філогенетично належать до родів *Ericaria* та *Gongolaria*. На основі морфологічного аналізу підтверджено перенесення *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze до роду *Gongolaria*, яке попередньо було запропоноване виключно на основі молекулярних даних. Показано, що розділення прикріпленої *Gongolaria barbata* на окремі внутрішньовидові таксони не має під собою підґрунтя, адже морфологічна мінливість цього

таксону є результатом сезонних змін та екологічної пластичності. Для неприкріпленої форми *Gongolaria barbata* запропоновано нову номенклатурну комбінацію – *Gongolaria barbata* f. *repens* (A.D. Zinova & Kalugina) S.S. Sadogurska *comb. nov.* Спростовано уявлення про синонімічність останнього таксону до виду *Cystoseira aurantia* Kützing sensu Orellana et al., 2019.

За результатами аналізу мітохондріальних маркерів зразків чорноморського таксону *Cystoseira bosphorica* Sauvageau встановлено його приналежність до роду *Ericaria* та конспецифічність із середземноморськими видами *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry та *Ericaria barbatula* (Kützing) Molinari & Guiry. Враховуючи унікальні морфологічні ознаки і географічну ізоляцію підтверджено його ендемічність для Чорного моря і запропоновано нову комбінацію – *Ericaria crinita* f. *bosphorica* (Sauvageau) S.S. Sadogurska, J. Neiva et A. Israel. Запропоновано розглядати як синоніми до цього таксону номенклатурні комбінації *Cystoseira barbata* var. *flaccida* (Kützing) Woronichin та *Cystoseira barbata* f. *hoppei* × *flaccida* Woronichin.

За результатами номенклатурно-таксономічної ревізії показано, що комбінації *Cystoseira concatenata* f. *repens* A.D. Zinova & Kalugina та *Cystoseira barbata* f. *hoppei* (C. Agardh) Woronichin є невалідними.

Результати номенклатурно-таксономічної ревізії показали приналежність таксонів з Левантійського басейну до родів *Cystoseira* s. s. та *Gongolaria*. До роду *Cystoseira* s.s. віднесений широкопоширений вид *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, а також рідкісні таксони *Cystoseira foeniculacea* (Linnaeus) Greville (перша задокументована знахідка за останні 25 років) та *Cystoseira compressa* subsp. *pustulata* Ercegović. Останній таксон вперше вказаний для середземноморської акваторії Ізраїля; на основі даних молекулярно-філогенетичного аналізу показана його приналежність до виду *Cystoseira humilis* Schousboe ex Kützing та запропоновано нову комбінацію – *Cystoseira humilis* subsp. *pustulata* (Ercegović) S.S. Sadogurska et A. Israel *comb. nov.*

На основі результатів молекулярно-філогенетичного та морфологічного аналізу зразків показана приналежність ендемічного левантійського виду

*Cystoseira rayssiae* Ramon до роду *Gongolaria*. Вперше описано морфологічну мінливість, що найбільш виражена між екземплярами, які зростають у субліторалі та літоралі. Уточнено уявлення про ключові морфологічні ознаки та екологічну приуроченість виду, що дозволило вдосконалити видовий діагноз. За результатами аналізу гербарних зразків, доведено, що на початку ХХ ст. в Ізраїлі також траплялися види *Gongolaria barbata* та *Ericaria barbatula*, які нині можна вважати ймовірно зниклими.

З урахуванням нових таксономічних перебудов та філогенетичних даних переглянуті уявлення про біогеографію роду *Cystoseira* s.l. в досліджених регіонах та в Середземноморському басейні в цілому. Показано, що його розділення на окремі роди ймовірно відбулося ще в Атлантиці до Мессінської кризи солоності, а проникнення до Середземного моря і подальше розселення представників родів *Ericaria*, *Gongolaria* та *Cystoseira* s.s відбувалося незалежно одне від одного. Обґрунтоване припущення, що проникнення і розселення цистозір у Чорному морі відбувалося неодноразово услід із чергуванням його трансгресивних і регресивних фаз. Згідно із даними біостратиграфії, останнє проникнення у Чорне море ймовірно відбулося близько 6-7 тис. р.т., в Азовське – 3-4 тис. р.т.

Серед двох досліджених ендемічних представників *Cystoseira* s.l. лише для *Gongolaria rayssiae* підтверджено видовий статус. Зважаючи, що за даними молекулярно-філогенетичного аналізу вид є досить древнім і чітко відокремлюється від інших таксонів, висунуто припущення, що його ендемізм обумовлений скороченням ареалу, а не виникненням у межах саме Левантійського басейну. Встановлено, що ендемічна форма *Ericaria crinita* f. *bosphorica* за дослідженими мітохондріальними маркерами навпаки є конспецифічною із Середземноморськими таксонами, що вказує на відносно нещодавнє виникнення таксону, ймовірно вже після формування сучасного басейну Чорного моря.

Проведене гідроботанічне дослідження нового локалітету *Gongolaria barbata* в акваторії Джарилгацького національного природного па-

рку (НПП). Встановлено, що рослинний покрив субліторалі сформований полідомінантним угрупованням *Gongolaria barbata* – *Codium vermilara* + *Laurencia coronopus* (вперше описаним для узбережжя України) і монодомінантним угрупованням *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje. В цілому виявлено 30 видів макроводоростей, майже половина з яких належить до категорії рідкісних. Результати еколого-флористичного аналізу складу макроальгофлори свідчать про поліпшення екологічного стану морського середовища в Джарилгацькій затоці. Водночас зазначені угруповання підлягають особливій охороні, у зв'язку з чим рекомендовано збільшити площу заповідної акваторії НПП.

Критичний стан популяцій представників *Cystoseira* s.l. та зникнення їхніх угруповань у багатьох районах Чорного моря свідчать про нагальну необхідність охорони. З метою забезпечення на національному та міжнародному рівнях охорони угруповань і біотопів, що сформовані представниками *Cystoseira* s.l., та інших прибережно-морських оселищ, обґрунтовано включення 16 нових об'єктів до структури Смарагдової мережі України. Доцільним є включення *Ericaria crinita* f. *bosphorica* в регіональні та національні червоні списки.

Отримані у ході дослідження результати доповнюють відомості щодо різноманіття та поширення таксонів роду *Cystoseira* s.l. у Чорному морі та Левантійському басейні Середземного моря і можуть бути використані при уточненні ключів для визначення таксонів роду *Cystoseira* s.l. у флорі України, Ізраїлю та інших країн і регіонів Середземноморського басейну. Отримані генетичні послідовності зразків макроводоростей депоновані у базі даних GenBank (MT978052–MT978063). Результати дослідження угруповань *Cystoseira* s.l. в Джарилгацькому НПП передані в наукову частину цієї установи для включення до «Літопису природи» і використані в клопотанні про необхідність розширення заповідної акваторії НПП.

**Ключові слова:** бурі водорості, *Cystoseira* s.l., *Ericaria*, *Gongolaria*, Чорне море, Середземне море, Левантійський басейн, поширення, таксономія, номенклатура, молекулярна філогенія.

## SUMMARY

**Sadogurska S.S. The genus *Cystoseira* s.l. in the Black Sea and the Levantine basin of the Mediterranean Sea.** – Qualifying scientific work, manuscript.

Thesis submitted to obtain the Degree of Doctor of Philosophy (PhD) in specialty 091 «Biology». – M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2021.

The PhD thesis is devoted to the study of the taxonomic status and phylogenetic relationships of marine brown algae of the genus *Cystoseira* sensu lato (*Cystoseira* sensu stricto, *Gongolaria* Boehmer and *Ericaria* Stackhouse) in the Black Sea and the Levantine basin of the Mediterranean Sea to clarify information on their taxonomic diversity and distribution within the Mediterranean basin, as well as to improve protection measures for habitats formed by them.

Based on the research results, methodological aspects of material preservation and processing have been developed, as well as a modified protocol for DNA extraction from brown algae based on the phenol-chloroform method. It is shown that the genetic marker mt-spacer (23S-tRNA<sup>Val</sup> mitochondrial intergenic spacer) is the most promising for *Cystoseira* s.l. barcoding.

According to the results of comparative morphological and molecular phylogenetic analysis, the genus *Cystoseira* s.l. in the Black Sea is represented by taxa that belong to genera *Ericaria* and *Gongolaria*. The morphological data support the transition of *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze to the genus *Gongolaria*, which was previously proposed based solely on genetic data. The recognition of the separate intraspecific taxa in attached *Gongolaria barbata* is unreasonable because the morphological variability of this taxon results from seasonal changes and ecological plasticity. A new nomenclature combination, *Gongolaria barbata* f. *repens* (A.D. Zinova & Kalugina) S.S. Sadogurska *comb. nov.*, has been proposed for the

unattached form of *Gongolaria barbata*. The synonymy of this taxon and the species *Cystoseira aurantia* Kützing sensu Orellana et al., 2019 was rejected.

The molecular analysis of the Black Sea endemic *Cystoseira bosphorica* Sauvageau showed its affiliation to the genus *Ericaria* and conspecificity with the Mediterranean species *Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry and *Ericaria barbatula* (Kützing) Molinari & Guiry. Given the unique morphological features and geographical isolation, its endemicity was confirmed, and a new combination *Ericaria crinita* f. *bosphorica* (Sauvageau) S.S. Sadogurska, J. Neiva et A. Israel was proposed. The nomenclature combinations *Cystoseira barbata* var. *flaccida* (Kützing) Woronichin and *Cystoseira barbata* f. *hoppei* × *flaccida* Woronichin were proposed to consider as synonyms for this taxon.

As a result of the nomenclature-taxonomic revision, it was shown that nomenclature combinations *Cystoseira concatenata* f. *repens* A.D. Zinova & Kalugina and *Cystoseira barbata* f. *hoppei* (C.Agardh) Woronichin are invalid.

The nomenclature-taxonomic revision showed that taxa from the Levantine Basin belong to genera *Cystoseira* s.s. and *Gongolaria*. Three taxa belong to the genus *Cystoseira* s.s.: widespread species *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, and two rare taxa – *Cystoseira foeniculacea* (Linnaeus) Greville (the first well-documented finding in the last 25 years) and *Cystoseira compressa* subsp. *pustulata* Ercegović. The latter taxon was mentioned for the Israeli seashore for the first time. Based on molecular phylogenetic analysis data, its affiliation to the species *Cystoseira humilis* Schousboe ex Kützing was shown, and a new combination *Cystoseira humilis* subsp. *pustulata* (Ercegović) S.S. Sadogurska et al. A.Israel comb. nov. was proposed.

Molecular phylogenetic and morphological analysis showed that the endemic Levantine species *Cystoseira rayssiae* Ramon belongs to the genus *Gongolaria*. Morphological variability of this taxon, which is most pronounced between specimens growing in the sublittoral and littoral zones, was described. The description of key morphological features was provided and ecological preferences of the species were clarified, which allowed to improve the species diagnosis. The analysis of herbarium

specimens proved that in the early XX century, *Gongolaria barbata* and *Ericaria barbata* species also occurred in Israel, but currently they are most certainly extinct.

The understanding about the *Cystoseira* s.l. biogeography in the studied regions and the Mediterranean basin was reviewed, taking into account new taxonomic rearrangements and phylogenetic data. It was shown that the separation of *Ericaria*, *Gongolaria*, and *Cystoseira* s.s. probably took place in the Atlantic before the Messinian salinity crisis. Entering into the Mediterranean Sea and further resettlement of these three genera took place independently. There is a reasonable assumption that the penetration and settlement of *Cystoseira* s.l. in the Black Sea occurred several times following the alternation of its transgressive and regressive phases. According to biostratigraphy, the last penetration into the Black Sea probably occurred about 6-7 thousand years ago, and in the Sea of Azov – 3-4 thousand years ago.

Among the two studied endemic *Cystoseira* s.l. taxa, the species rank was confirmed only for *Gongolaria rayssiae*. Given that according to molecular phylogenetic analysis the species is quite ancient and is clearly separated from other taxa, its endemism is probably due to the reduction of range rather than its emergence within the Levantine Basin. On the contrary, it was shown that the endemic taxon *Ericaria crinita* f. *bosphorica* is conspecific with Mediterranean taxa. It indicates a relatively recent emergence of the taxon, most probably after the formation of the modern Black Sea basin.

A hydrobotanical study of a new locality of *Gongolaria barbata* in the Dzharylhach National Nature Park (NNP) was carried out. It was found that the vegetation cover of the sublittoral zone is formed by the polydominant community *Gongolaria barbata* - *Codium vermilara* + *Laurencia coronopus* (for the first time indicated on the Ukrainian coast) and the monodominant community of *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje. A total of 30 macroalgae species were identified, about half of which belong to the category of rare species. The results of ecological-floristic analysis indicate the improvement of the ecological condition of the marine environment in of Dzharylhach Bay. However, these algal communities are subject to

special protection, and therefore it is recommended to enlarge the area of the marine protected area of Dzharylhach NNP.

The critical condition of the *Cystoseira* s.l. populations and the disappearance of their communities in many parts of the Black Sea indicate the urgent need for their protection. To ensure the protection of communities and habitats, formed by *Cystoseira* s.l. taxa, and other marine habitats at the national and international levels, the 16 new sites were proposed for the Emerald Network of Ukraine. It is recommended to include *Ericaria crinita* f. *bosporica* in the regional and national red lists.

The results obtained during the study complement the information on the diversity and distribution of *Cystoseira* s.l. taxa in the Black Sea and the Levantine Basin of the Mediterranean Sea and can be used to update the identification keys of *Cystoseira* s.l. taxa in Ukraine, Israel and other countries and regions of the Mediterranean basin. The obtained sequences are partially deposited in the GenBank database (MT978052 – MT978063). The results of the study of *Cystoseira* s.l. communities in Dzharylhach NNP were sent to the scientific part of this institution for inclusion in the «Chronicles of Nature» and also were used in the official request to increase the marine protected area.

**Key words:** *brown algae, Cystoseira s.l., Ericaria, Gongolaria, Black Sea, Mediterranean Sea, Levantine Basin, distribution, taxonomy, nomenclature, molecular phylogeny.*

## ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

***Статті у наукових виданнях, що індексовані у наукометричних базах даних Web of Science та Scopus:***

1. **Sadogurska S.S.,** Neiva J., Falace A., Serrao E.A., Israel A. (2021). Taxonomic revision of the genus *Cystoseira* s.l. (*Ochrophyta, Fucales, Sargassaceae*) in the Black Sea: morphological variability and molecular taxonomy of *Gongolaria barbata* and *Ericaria crinita* f. *bosporica* comb. nov. *Phytotaxa*, 480



(1), 1-2. DOI: 10.11646/phytotaxa.480.1.1 (*Особистий внесок: ідея та концепція роботи належить здобувачеві, здобувачем проведено збір матеріалу в природі, морфологічне опрацювання, молекулярно-філогенетичні дослідження (частково), взято участь у обговоренні результатів та написанні тексту*).

2. Mulas, M., Neiva J., **Sadogurska S.S.**, Ballesteros E., Serrao E.A., Rilov G., Israel A. (2020). Genetic affinities and biogeography of putative Levantine-endemic seaweed *Treptacantha rayssiae* comb. nov. *Cryptogamie Algologie*, 41 (10): 91-103. DOI: 10.5252/cryptogamie-algologie2020v41a10 (*Особистий внесок: ідея та концепція роботи належить здобувачеві (частково), здобувачем проведено збір матеріалу в природі, морфологічне опрацювання, молекулярно-філогенетичні дослідження (частково), взято участь у обговоренні результатів та написанні роботи (частково)*).

3. Sadogurskiy S.Ye., **Sadogurska S.S.**, Belich T.V., Sadogurskaya S.A. (2020). Distribution of *Cystoseira* s. l. species in the Sea of Azov. *International Journal on Algae*, 22 (4): 327-346. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v22.i4. (*Особистий внесок: участь у підготовці основної частини тексту та розділу, що присвячений біогеографії, узагальнення та висновки*).

4. **Sadogurska S.S.** (2019). *Cystoseira barbata* and *Codium vermilara* communities in the Coastal area of Dzharylgach National Nature Park (the Black Sea, Ukraine). *International Journal on Algae*, 21 (2): 101-110. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v21.i2.10

### ***Розділи у колективних монографіях:***

5. Борисенко К.Б., Бронсков О.І., Бронскова О.М., Бузунко П.А., Василюк О.В., Вашеняк Ю.А., Винокуров Д.С., Вітер С.Г., Гольдін П.Є., Головка О.В., Кіш Р.Я., Коломійчук В.П., Куземко А.А., Куцоконь Ю.К., Манюк Вад.В., Марущак О.Ю., Мойсієнко І.І., Некрасова О.Д., Панченко С.М., Пархоменко В.В., Русін М.Ю., **Садогурська С.С.**, Скоробогатов В.М., Спінова Ю.О., Чегорка П.Т., Шаповал В.В., Ширяєва Д.В. (2020). Території, що пропонуються до

включення у мережу Емеральд (Смарагдову мережу) України («тіньовий список», частина 3). Чернівці: «Друк Арт». 408 с. (Особистий внесок: здобувачем підготовлено обґрунтування для нових об'єктів, що мають у складі морську акваторію, взято участь у обговоренні результатів та написанні тексту).

6. Василюк О.В., Вашеняк Ю.А., Куземко А.А., Куцоконь Ю.К., Леснік В.В., Марущак О.Ю., Мойсієнко І.І., Оскирко О.С., Садогурська С.С. (2019). *Території, що пропонуються до включення у мережу Емеральд (Смарагдову мережу) України («тіньовий список», частина 2)*. Київ: «LAT & K»: 234 с. (Особистий внесок: здобувачем підготовлено обґрунтування для нових об'єктів, що мають у складі морську акваторію, взято участь у обговоренні результатів та написанні тексту).

7. Садогурська С.С. (2018). Морські біотопи. В кн. Куземко А.А., Дідух Я.П., Онищенко В.А., Шеффер Я. (Ред.). *Національний каталог біотопів України*. Київ: ФОП Клименко, 13-36. (Особистий внесок: здобувачем підготовлено описи морських оселищ, взято участь у обговоренні результатів та написанні тексту).

8. Куземко А.А., Садогурська С.С., Василюк О.В. (2017) *Тлумачний посібник оселищ Резолюції №4 Бернської конвенції, що знаходяться під загрозою і потребують спеціальних заходів охорони. Перша версія адаптованого неофіційного перекладу з англійської (третього проекту офіційної версії 2015 року)*. Київ: 124 с. (Особистий внесок: здобувачем опрацьовані описи морських оселищ, взято участь у обговоренні результатів та написанні тексту).

#### ***Матеріали конференцій та наукових семінарів:***

9. Sadogurska S.S., Neiva J., Falace A., Serrao E.A., Israel A. (2021, March). *Morphological variability and molecular taxonomy of the Cystoseira s.l. taxa in the Black Sea*. Abstract book of the 12th International Phycological Congress – IPC2021, Chile, p. 172.

10. **Садогурська С.С.** (2020). *Смарагдова мережа як інструмент охорони угруповань *Cystoseira s.l.* в Україні*. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Прикладні аспекти моніторингу та охорони біорізноманіття. Серія: «Conservation Biology in Ukraine» (Вип. 16. Т. 3). Київ; Чернівці: Друк Арт, 427–424.

11. Василюк О., Марущак О., **Садогурська С.**, Куземко А., Борисенко К., Кіш Р., Куцоконь Ю., Мойсієнко І., Спінова Ю., Шаповал В., Старовойтова Т., Вітер С., Коломицев Г. *Shadow list of Emerald Network of Ukraine #3: огляд внеску українських науковців у розробку мережі Емеральд станом на 2020 рік*. 2020. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Прикладні аспекти моніторингу та охорони біорізноманіття. Серія: «Conservation Biology in Ukraine» (Вип. 16. Т. 3). Київ; Чернівці: Друк Арт, 315–327

12. **Садогурська С.С.** (2018, вересень). *Макрофітобентос Джарилгацької затоки (Чорне море)*. Матеріали міжнародної конференції молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології», Кирилівка, Київ: 24–25.

13. **Садогурська С.С.** (2018, червень). *Червонокнижні види в угрупованнях *Cystoseira barbata* (Stackh.) C. Agardh Джарилгацького національного природного парку*. Матеріали V Міжнародної конференції «Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин». Херсон: ФОП Вишемирський В., 124–125.

14. **Sadogurska S.** (2017, May). *The diversity of macrophytes of the Tarkhankut peninsula (western Crimea, the Black Sea)*. Book of abstracts of the «First European Symposium: Research, conservation and management of biodiversity in the European seashores, RCMBES-2017». Bulgaria, Primorsko: Avangard Prima, p. 21

15. **Садогурська С.С.** (2017, березень). *Макрофітобентос акваторії острова Джарилгач та проблема збереження цистозірових ценозів його прибережжя*. Заповідна справа у Степовій зоні України (до 90-річчя від створення Надморських заповідників). Серія: «Conservation Biology in Ukraine» (Вип. 2. Т. 2). Урзуф, Київ, 207–213.

16. Садогурська С.С. (2017, лютий). *Перспективи охорони цистозірових угруповань в рамках створення природоохоронних морських об'єктів Натура 2000 та Смарагдової мережі України. Мережа NATURA 2000 як інноваційна система охорони рідкісних видів та оселищ в Україні. Серія: «Conservation Biology in Ukraine» (Вип. 1.). Київ, 204–207.*

17. Садогурська С.С. (2017, квітень). *До питання різноманіття роду Cystoseira C.Agardh у північній частині Чорного моря. Матеріали XIV з'їзду Українського ботанічного товариства. Електронний додаток до Українського ботанічного журналу. Київ: Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного, с. 110*

18. Садогурська С.С. (2016, квітень). *Морфологія гаметофітів чорноморських бурих водоростей Cystoseira barbata та C. crinita. Матеріали XII міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології». Львів: Львівський національний університет ім. І. Франка, 106–107.*

19. Садогурська С.С. (2016, липень) *Ультраструктурні відмінності поверхні гаметофітів та кори чорноморських бурих водоростей Cystoseira crinita та Cystoseira barbata. У зб.: Матеріали міжнародної конференції молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології». Херсон, с. 28*

20. Садогурська С.С. (2015, грудень). *Морфологічна мінливість рецентакулів та повітряних пухирів чорноморських Cystoseira barbata та Cystoseira crinita. Матеріали X міжнародної наукової конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери». Харків: Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна, 161–162.*