Ecological and geographical characteristics of algal communities on gastropod shells of the river Uzh

N. M. Korniiuchuk, M. O. Metelska, G. Y. Kyrychuk

Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine

Article info

Received 09.06.2017

Received in revised form

13.07.2017

Accepted 15.07.2017

Zhytomyr Ivan Franko State
University, V. Berdychivska Str.,
40, Zhytomyr, 10008, Ukraine.
Tel.: +067-737-77-72.
E-mail: korniiuchukm@meta.ua,
bovsun_43@mail.ru,
kyrychuk@zu.edu.ua

Korniiuchuk, N. M., Metelska, M. O., & Kyrychuk, G. Y. (2017). Ecological and geographical characteristics of algal communities on gastropod shells of the river Uzh. *Biosystems Diversity*, 25(3), 186–190. doi:10.15421/011728

Freshwater molluscs serve as test objects in the ecological monitoring of the environment, because they are able to extract in indicator quantity from the environment and accumulate in their bodies radionuclides, various macro- and micronutrients, toxic substances of inorganic and organic origin, and so on. The gastropods are a taxonomically diverse, ecologically plastic and rather widespread group of aquatic organisms, whose role in the life of freshwater ecosystems is very important. Molluscs often have various interactions in biogeocenoses that determines their trophic net. As a rule, these interactions occur in the form of ectocommensalism, endocommensalism, supercrescence, predation or parasitism. The latter type of interaction is the subject of many studies, but the epibionts of gastropods and bivalves are practically not studied and that causes the relevance of the research. Species composition of algal epibionts identifies specific sensitivity to the effects of certain environmental factors and reflects the processes occurring in water bodies of its ecosystem. This determines their efficient use for analyzing changes of water bodies, particularly in terms of complex anthropogenic pressure on aquatic ecosystems, as aquatic habitat. The aim of the research was to determine the ecological characteristics of algal communities on gastropod shells: *Lymnaea stagnalis*, *L. auricularia* and *Viviparus viviparus* (the Uzh river, Korosten district, Zhytomyr region). Identified microalgae communities were grouped and studied according to such indices as: confinedness to the habitat (substrate), temperature, fluidity and water oxygenating, saprobiological characteristics according to the Pantle-Buck system in the modification of Sladeczek and Watanabe, salinity according to Kolbe's system, pH at Hustedt scale in the interpretation of M. M. Davydova and geographical confinedness of objects of study. Algae fouling on shells *L. stagnalis*, *L. auricularia* and *V. viviparus* are formed by benthic and benthic-planktonic species. Algal epibionts of studied communities are mainly confined to slow-flowing waters. The basis of a floristic list according to the temperature in all studied groups of gastropods formed indifferent species. According to geographical distribution of algae fouling cosmopolitan species dominated. In relation to salinity according to Kolbe's system, most discovered species were indifferent oligo-galob. Algal communities are reliable indicators of one of the important indices of watercourse hydrochemical conditions – pH of water. Analysis of algal epibionts on gastropod shells of the river Uzh, showed the dominance of alkaliphiles and indifferent species (from the number of identified microalgae). According to saprobiological characteristic of water quality of the river Uzh predominance of o-saprobies. Analysis of indicator groups showed that the most numerous algal epibionts on shells were euresaprobe species. A detailed ecological and geographical characteristic of algae fouling on shells of studied groups of molluscs allows to predict the state of hydrocenose, that is an important aspect of monitoring and requires further research to model the influence of anthropogenic factors on the state of waters.

Keywords: algal epibionts; saprobity; indicator species; ecological group; morphological group

Еколого-географічна характеристика водоростевих угруповань черепашок червоногих молюсків р. Уж

Н. М. Корнійчук, М. О. Метельська, Г. Є. Киричук

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Житомир, Україна

Уперше наведено відомості щодо еколого-географічної характеристики альгоепібіонтів черепашок червоногих молюсків р. Уж. Досліджувані молюски являють собою таксономічно різноманітну, екологічно пластичну та досить поширену групу гідробіонтів, роль яких у житті прісноводної екосистеми величезна. Молюски досить часто вступають у різноманітні взаємозв'язки у біогеоценозах, що визначає їх трофічну сітку. Як правило, такі взаємодії проявляються у формі епіойкії, ентоїкії, епібіозу, хижацтва чи паразитизму. Якщо вивченню останнього типу взаємодії присвячено велику кількість досліджень, то епібіонти червоногих і двостулкових молюсків практично не вивчені, що і зумовлює актуальність дослідження. У результаті проведених досліджень встановлено види-індикатори черепашок *Lymnaea stagnalis*, *L. auricularia* та *Viviparus viviparus*. Ідентифіковані мікробіоростеві угруповання згруповані та досліджені за такими показниками як приуроченість до місцезростання (субстрату), температурного режиму, текучості вод і насичення їх киснем, сапробіологічної характеристики за системами Пантле – Бука в модифікації Сладечека та Ватанабе, солоності за системою Кольбе, значеннями рН за шкалою Хустедта в

інтерпретації М. М. Давидової та географічної приуроченості об'єктів дослідження. Наведена детальна еколого-географічна характеристика водоростевих обростань черепашок досліджуваних груп молосків дозволяє прогнозувати стан гідроценозу – важливий аспект моніторингу, що потребує подальшого дослідження з метою моделювання впливу антропогенних чинників на стан водойм.

Ключові слова: альгоепібіонти; сапробність; види-індикатори; еколого-морфологічні групи

Вступ

Прісноводні молоски належать до різних екологічних груп гідробіонтів, досить різноманітні за своїми екологічними спектрами, функціональними та фізіологічними властивостями. Вони слугують тест-об'єктами під час екологічного моніторингу навколишнього середовища, бо здатні вилучати в індикаторних кількостях із довкілля та накопичувати у своєму організмі радіонукліди, різні макро- та мікроелементи, токсичні речовини неорганічного та органічного походження тощо (Кутчук, 2006; Кутчук and Музыка, 2015; Кутчук and Музыка, 2016). Саме червоногі молоски являють собою таксономічно різноманітну, екологічно пластичну та досить розповсюджену групу гідробіонтів, роль яких у житті прісноводної екосистеми величезна (Orvain and Sauriau, 2002; Stadnychenko et al., 2005; Sitnikova et al., 2010). Молоски досить часто вступають у різноманітні взаємозв'язки у біогеоценозах, що визначає трофічну сітку багатьох гідроценозів. Як правило, такі взаємодії проявляються у формі епіюїї, ентоїї, епібіозу, хижацтва чи паразитизму (Stadnychenko, 2006; Koprivnikar et al., 2007; Kirichuk and Stadnychenko, 2011). Якщо вивченню останнього типу взаємодії присвячено велику кількість досліджень, то епібіонти червоногих і двостулкових молосків практично не вивчені, що зумовлює актуальність дослідження. У свою чергу, видовий склад альгоепібіонтів виявляє специфічну чутливість до впливу конкретних чинників середовища та є відображенням усіх процесів, що відбуваються у водних об'єктах його екосистеми. Дослідження екологічної характеристики водоростевих угруповань – актуальна тема, оскільки вона тісно пов'язана з проблемою визначення якості водних мас і оцінюванням впливу антропогенного пресу, який зумовлює різні зміни в біологічній цілісності водних систем (Belous et al., 2013; Shelyuk, 2014). У різних країнах водоростеві угруповання тісно чи іншою мірою використовуються як інструмент для біологічного контролю якості вод (Leland and Carter, 1985; Bazhenova et al. 2014). Найчастіше з цією метою використовуються діатомові водорості (Round, 1991), оскільки вони існують у широкому діапазоні екологічних умов, колонізують майже всі субстрати, тобто можуть забезпечити чітке відображення змін навколишнього середовища. Низка дослідників стверджують (Solak, 2012; Belous, 2013; Lengyel, 2015), що діатомова флора – потужний індикатор зміни навколишнього середовища та пріоритетний показник у моніторингу водойм. За результатами досліджень, усі групи водоростей можуть слугувати показником ступеня погіршення якості води, тому багато водоростевих показників застосовуються для оцінювання стану навколишнього середовища. Піонерами, які класифікували водорості відповідно до їх толерантності до різних видів забруднення, були Kolkwitz and Marsson, 1908 (Omar, 2010). Вони встановили, що за присутністю деяких видів водоростей у водоймі можна визначити різні зони деградації річки. У 1969 році опубліковано рейтинг видів водоростей, які можуть бути використані для позначення чистих і забруднених вод (Palmer, 1969). Вивченню можливостей використання морських водоростей як надійних біоіндикаторів водойм присвячені праці Nesterova (2003), Young and Jung (2005), Begun et al. (2015). Визначено низку основних екологічних чинників, які впливають на водоростеві угруповання малайзійських прісноводних екосистем, водойм Каліфорнії, Нової Зеландії, Німеччини, Чехії тощо. Серед домінуючих чинників, що впливають на водоростеві угруповання, виділяють рН, йонний вміст, гідравлічні умови, температуру, глибину, сезонність, географічне розташування, біотичні взаємодії (Shcherbak and Komeychuk 2006; Lamed, 2010; Friederike, 2016). Екологічному оцінюванню на основі водоростевого різноманіття озерних, водно-болотних, річкових екосистем Туреччини, Північного Казахстану, Ізраїлю, України, Росії присвячені праці Barinova et al. (2013, 2014, 2015).

Таким чином, дослідження якісних показників розвитку водоростевих обростань різних субстратів, зокрема, черепашок молосків, дасть можливість ефективно застосовувати їх для аналізу змін стану водних об'єктів, у тому числі в умовах комплексного антропогенного пресу на водні екосистеми як середовища проживання гідробіонтів. Однак дослідження такого характеру щодо альгоепібіонтів прісноводної малакофауни нечисленні, тому мета наших досліджень – вивчення екологічної характеристики водоростевих угруповань, що заселяли черепашки червоногих молосків р. Уж.

Матеріал і методи досліджень

Матеріал – мікрowodорості, які розвивалися на черепашках молосків *Lymanaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), *L. auricularia* (Linnaeus, 1758), *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758). Проби відбирали під час експедиційних досліджень, проведених у серпні 2015–2016 рр. (р. Уж, у районі м. Коростень, Житомирська обл.). Для вибору місць збирання матеріалу враховували характер донних відкладів, щільність поселення, швидкість течії, мутність, прозорість води та глибину знаходження тварин. Проби збирали та обробляли згідно із загальноприйнятими альгологічними методами (Torachevskij and Masyuk, 1984). Альгоепібіонти визначали за допомогою вітчизняних та закордонних визначників. Визначення еколого-географічної приуроченості водоростевих угруповань проводили за С. С. Баріновою (Barinova, 2006). Видову належність молосків установлювали за А. П. Стадніченком (Stadnychenko, 2004).

Результати та їх обговорення

Альгоепібіонти *L. stagnalis*, *L. auricularia* та *V. viviparus* представлені високим видовим і надвидовим різноманіттям. Ідентифіковано 156 видових і внутрішньовидових таксонів, враховуючи ті, що містять номенклатурний тип виду. Водоростеві обростання черепашок належали до 10 класів, 21 порядку та 59 родів. Домінуюча роль у всіх досліджуваних груп молосків належала представникам відділу Bacillariophyta. Найбільше рангове значення мали на всіх рівнях (класовому, порядковому та родовому) представники діатомових водоростей. Детальний аналіз видового складу альгоепібіонтів черепашок червоногих молосків р. Уж представлений Кутчук et al. (2016).

У структурі водоростевих обростань досліджуваних груп червоногих молосків серед ідентифікованих видів найширше представлені групи бентосних і планктонно-бентосних організмів: 45% та 31%, відповідно (рис. 1).

Рис. 1. Розподіл водоростевих угруповань за приуроченістю до місця перебування: P – планктонні, B – бентосні, P-B – планктонно-бентосні, P-B,S – планктонно-бентосно-грунтові, Ep – епіфітні, P-S – планктонно-грунтові, B-S – бентосно-грунтові; по осі ординат – кількість видів

Kharchenko (2008) також повідомляє про домінування у водоростевих обростаннях біотичних субстратів водойм Києва планктонно-бентосних форм (понад 30%). Значно меншим різноманіттям характеризувалися планктонні форми (17% від загальної кількості ідентифікованих видів, прийнятих за 100%). На планктонно-бентосно-грунтові форми припадало 3%, а для бентосно-грунтових, планктонно-грунтових та епіфітних форм цей показник склав по 1% для кожної групи (рис. 1).

Ми з'ясували, що бентосні форми характерні лише для представників відділу Bacillariophyta (38% від загальної кількості ідентифікованих видів, прийнятих за 100%). Масового розвитку бентосні форми зазнавали в родах *Navicula* Bory, *Gomphonema* (Ag.) Ehr. та *Cymbella* Ag. У дослідженнях Levchenko et al. (2008), присвячених видовому різноманіттю діатомових

водоростей епіфітону бухти Соболя, також відмічається домінування бентосних форм.

Планктонні форми найширше зареєстровані у представників відділу Cyanoprocarota (7%). Планктонно-бентосні організми формували основу представників відділу Bacillariophyta (14). Планктонно-бентосно-грунтові форми відмічені у відділах Bacillariophyta, Cyanophyta та Euglenophyta, але кількість їх була незначною (по 1%). Що стосується планктонно-грунтових та епіфітних форм, вони наявні лише у відділі Cyanoprocarota (по 1%, рис. 2).

Види – індикатори текучості та насичення вод киснем ранжували на організми, характерні для повільнотекучих (57%), стоячих (20%) і швидко текучих вод (6% загальної кількості ідентифікованих водоростевих угруповань, для яких наявні літературні відомості) (рис. 3).

Рис. 2. Порівняльний розподіл альгоепібіонтів за приуроченістю до місця перебування на різних видах черевоногих молюсків: назви груп див. рис. 1

Масового розвитку серед альгоепібіонтів усіх досліджуваних груп молюсків повільнотекучих вод зазнали *Oscillatoria amphibia* Ag., *Trachelomonas rotunda* var. *rotunda* Swir., *Cocconeis placentula* (Ehr.), *Navicula radiosa* Kutz., *N. tripunctata* (O. F. Mull.), *Amphora ovalis* (Kutz.) Kutz., *Aulacoseira granulata* f. *granulata* (Ehr.) Sim., *Chlamydomonas reinhardtii* Dang. Отримані результати показали, що досліджувана водойма має сприятливі умови для водоростевих угруповань у товщі води.

За температурною приуроченістю більшість ідентифікованих видів водоростей – індиверти та евритерми 50% та 42%, відповідно (рис. 4).

Рис. 3. Розподіл водоростевих угруповань за відношенням до реофільності на черепашках досліджуваних груп молюсків: st-str – повільнотекучі, st – стоячі, str – швидко текучі води

Частка тепло- та холодолюбних видів незначна 5% та 3%. У всіх досліджуваних черевоногих молюсків (*L. stagnalis*, *L. auricularia* та *V. viviparus*) домінували індиверти. Теплолюбні види представлені також у всіх досліджуваних групах молюсків і масового розвитку зазнали в родах *Planothidium* Round et Bukht., *Navicula* Bory, *Craticula* Grun. Що стосується холодолюбних видів альгоепібіонтів, вони зафіксовані лише на черепашках *L. auricularia* та представлені родом *Eunotia* Ehr. За географічним поширенням водоростеві угруповання гетеро-

генні. Основу їх флористичного списку склали космополіти (81% таксонів видового та внутрішньовидового рангу зі з'ясованим географічним поширенням, табл. 1). Частка бореальної флори – 9%, голарктичної та аркто-альпійської – по 4%, неотропічної та голантарктичної – по 1%. Аналогічні закономірності відмічені у працях Levchenko et al. (2008) (космополіти – 84%, представники бореальної флори – 34%) та Kharchenko (2008) (космополіти – 88%).

Рис. 4. Розподіл водоростевих угруповань за відношенням до температурної приуроченості на черепашках досліджуваних груп молюсків: etern – евритерми, temp – індиверти, warm – теплолюбні, cool – холодолюбні

За відношенням до солоності води (за системою Кольбе) більшість видів, зафіксованих на всіх досліджуваних групах молюсків, – олігогалоб-індиверти (77% від числа водоростей, для яких наявні літературні відомості) (рис. 5). Серед них масового розвитку на черепашках *L. stagnalis*, *L. auricularia* та *V. viviparus* зазнали *Trachelomonas intermedia* f. *intermedia* Dang., *Planothidium lanceolata* (Breb. in Kutz.) Round et Bukht., *C. placentula*, *Encyonema paradoxa* (Kutz.), *Cymbella ventricosa* Kutz., *Placoneis placentula* f. *lanceolata* (Grun. in Cl. et Grun.), *Rhoicosphenia abbreviata* (Ag.) L.-B., *Gomphoneis olivaceum* (Horn.) Daw. ex Ross et Sims., *Gomphonema parvulum* Kutz.,

Navicula capitatoradiata Germ., *N. menisculus* Schum., *N. radiosa* Kutz., *N. tripunctata* (O. F. Mull.), *Amphora ovalis* (Kutz.), *Stephanodiscus hantzschii* Grun. in Cl. et Grun., *A. granulata* f. *granulata*, *Chlamydomonas monadina* Stein, *Acutodesmus pectinatus* var. *pectinatus* (Meyen) Tsar. in Petlev. et al. та *Hyaloraphidium contortum* Pascher et Korschikov ex Korschikov. Значно меншим поширенням характеризувалися олігогалооб-галофіли та олігогалооб-галофоби 11% та 7%. Найменшою кількістю видів представлені мезогалооби та олігогалооби 4% та 1%.

Таблиця 1

Розподіл водоростевих угруповань (кількість видів і внутрішньовидових таксонів) на черепашках молюсків за географічним поширенням

Характеристика видів	<i>L. stagnalis</i>	<i>L. auricularia</i>	<i>V. viviparus</i>
Космополіт	54 (67)	34 (38)	56 (69)
Бореальний	5 (6)	1 (1)	4 (5)
Аркто-альпійський	5 (5)	—	1 (1)
Голарктичний	4 (4)	1 (1)	—
Голантарктичний	1 (1)	1 (1)	1 (1)
Палеотропічний	1 (1)	—	—

Рис. 5. Розподіл водоростевих угруповань, ідентифікованих на черепашках молюсків, за відношенням до солоності води (за системою Кольбе): hb – олігогалооб-галофоб, i – олігогалооб-індиферент, mh – мезогалооб, hl – олігогалооб-галофіл, oh – олігогалооб; по осі ординат – кількість видів

Водоростеві угруповання – надійні індикатори рН води. Аналіз альгоепібіонтів черепашок червоногих молюсків р. Уж (за шкалою Хустедта в інтерпретації М. М. Давидової) показав домінування алкаліфілів та індиферентів (51% та 42% виявлених мікрowodоростей). На всіх досліджуваних видах молюсків основу алкаліфілів та індиферентів формували роди *Navicula* та *Gomphonema*. Незначною часткою характеризувались ацидофіли та алкалобіонти (5% та 2%, відповідно).

Водоростеві угруповання високочутливі до присутності у воді органічних речовин (Barinova, 2006; Shcherbak and Semenyuk, 2011; Shcherbak and Koziyshuk, 2016). Сапробіологічна характеристика якості води річки Уж проведена за системою Пантле – Бука в модифікації Сладечека (Sladecsek, 1973). Встановлено переважання о-сапробів – 23%, хоча досить часто зустрічались β-мезосапроби – 17%, β-α-мезосапроби – 13% та α-β-мезосапроби – 10% (табл. 2). Менше представлені α-мезосапроби (3%). Частка о-χ-сапробів та χ-β-мезосапробів становила по 2% відповідно.

Аналіз груп індикаторів за Т. Ватанабе показав, що найбільшою кількістю на черепашках *L. stagnalis*, *L. auricularia* та *V. viviparus* представлені еврисапроби (63%). Сапроксени становили 27%, найменшою кількістю видів характеризувались сапрофіти – 10% (табл. 2).

Аналізуючи результати досліджень, треба сказати, що альгоепібіонти черепашок прісноводних молюсків можуть бути використані для збагачення системи моніторингу річок України, тому що умови існування водоростей в епібіотичних угру-

пованнях стабільніші. Наші результати підтверджують Leland and Carter (1985), Medvedeva and Barinova (2004), Bazhenova et al. (2014), у працях яких переконливо доводиться, що водоростеві угруповання можна використовувати для біологічного контролю якості води.

Таблиця 2

Розподіл водоростевих угруповань (кількість видів і внутрішньовидових таксонів) на черепашках молюсків за сапробністю

Характеристика видів за системою Пантле – Бука в модифікації Сладечека	<i>L. stagnalis</i>	<i>L. auricularia</i>	<i>V. viviparus</i>
χ-сапроби (ксеносапроби)	3 (4)	2 (2)	3 (4)
χ-о-сапроби (ксено-олігосапроби)	4 (4)	1 (1)	2 (2)
о-χ-сапроби (оліго-ксеносапроби)	3 (3)	—	1 (1)
χ-β-мезосапроби (ксено-бетамезосапроби)	3 (3)	2 (2)	2 (2)
о-сапроби (олігосапроби)	10 (12)	3 (4)	7 (9)
о-β-мезосапроби (оліго-бетамезосапроби)	6 (7)	4 (5)	8 (8)
β-о-сапроби (бета-олігосапроби)	3 (3)	2 (2)	2 (3)
о-α-мезосапроби (оліго-альфамезосапроби)	5 (6)	5 (5)	7 (8)
β-мезосапроби (бетамезосапроби)	12 (15)	7 (8)	9 (13)
β-α-мезосапроби (бета-альфамезосапроби)	4 (5)	1 (2)	3 (4)
α-мезосапроби (альфамезосапроби)	2 (3)	1 (2)	2 (2)
α-β-мезосапроби (альфаметамезосапроби)	3 (5)	2 (2)	4 (5)
за Ватанабе			
es (еврисапроби)	28 (32)	12 (14)	22 (27)
sx (сапроксени)	4 (6)	5 (5)	7 (8)
sp (сапрофіти)	1 (2)	1 (1)	5 (6)

Еколого-географічний та біоіндикаційний аналіз водоростевих обростань черепашок *L. stagnalis*, *L. auricularia* та *V. viviparus* – важливий аспект моніторингу, який потребує продовження, що дасть змогу прогнозувати стан гідроценозів.

Висновки

Серед альгоепібіонтів черепашок червоногих молюсків *L. stagnalis*, *L. auricularia* та *V. viviparus* р. Уж (район м. Коростень, Житомирська обл.) домінують бентосні та планктонно-бентосні види (45% та 31%). За температурною приуроченістю домінують види-індиференти. Основу флористичного списку за географічним поширенням складають космополіти (81%), відносно солоності води – олігогалооб-індиференти (77%). За шкалою Хустедта домінують алкаліфіли та індиференти (51% та 42%, відповідно).

References

- Barinova, S. (2013). Diversity, ecology and survivor of freshwater red algae in Israel. *Natural Resources and Conservation*, 1(2), 21–29.
- Barinova, S. S., Klochenko, P. D., & Belous, Y. P. (2015). Algae as indicators of the ecological state of water bodies: Methods and prospects. *Hydrobiological Journal*, 51(6), 3–21.
- Barinova, S. S., Medvedeva, L. A., & Anisimova, O. V. (2006). Bioraznoblizhe vodoroslei-indikatorov okruzhaiushchei sredy [Biodiversity of algae-indicators of the environment]. Pilis Studio, Tel Aviv (in Russian).
- Barinova, S., Romanov, R., & Solak, C. N. (2014). New record of *Chara hispida* (L.) Hartm. (Streptophyta: Charophyceae, Charales) from the Işık Lake (Turkey) and critical checklist of Turkish charophytes. *Natural Resources and Conservation*, 2(3), 33–42.
- Bazhenova, O. P. (ed.) (2014). Cyanoprokaryota in plankton of the rivers and lakes of Omsk Priirtyshye (Russia). *International Journal on Algae*, 16(2), 144–155.

- Begun, A. A., Ryabushko, L. I., & Zvyagintsev, A. Y. (2015). Bacillariophyta of periphyton of navigation buoys in the Posiet bay area (the sea of Japan, Russia). *International Journal on Algae*, 17(1), 23–36.
- Belous, Y. P., Barinova, S. S., & Klochenko, P. D. (2013). Phytoplankton of the middle section of the Southern Bug river as the index of its ecological state. *Hydrobiological Journal*, 49(6), 29–42.
- Dixit, S. S., Smol, J. P., Kingston, J. C., & Charles, D. F. (1992). Diatoms: Powerful indicators of environmental change. *Environmental Science and Technology*, 26, 23–33.
- Friederike, B., Philipp, J., Eamonn, F., & Klaus-Peter, E. (2016). Environmental and structural factors influencing algal communities in small streams and ditches in central Germany. *Journal of Freshwater Ecology*, 32(1), 1–19.
- Kirichuk, G. Y., & Stadnichenko, A. P. (2011). Effect of trematoda infestation and zinc ions of the aquatic medium on hemocytes and some hematological characteristics of *Planorbarius purpura* (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata: Bulinidae). *Hydrobiological Journal*, 47(1), 105–113.
- Koprivnikar, J., Baker, R. L., & Forbes, M. R. (2007). Environmental factors influencing community composition of gastropods and their trematode parasites in southern Ontario. *Journal of Parasitology*, 93(5), 992–998.
- Kyrychuk, G. Y. (2006). Peculiarities of accumulation of the ions of heavy metals in the organism of freshwater mollusks. *Hydrobiological Journal*, 42(6), 93–103.
- Kyrychuk, G. Y., Metelska, M. O., & Korniichuk, N. M. (2016). Osoblyvosti vydovoho skladu alhoepibiontiv cherepashok cherevonohykh moliuskiv r. Uzh [Species peculiarities of algal epibionts on gastropod shells of the river Uzh]. *Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho Universytetu Seriya Biologiya*, 41, 26–30 (in Ukrainian).
- Kyrychuk, G. Y., & Muzyka, L. V. (2015). Vplyv kontsentratsii amonii khlorydu na vmist karotynoidnykh pihmentiv v orhanizmi *Lymnaea stagnalis* [The effect of ammonium chloride concentrations on the content of carotenoid pigments in the body of *Lymnaea stagnalis*]. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 23(2), 154–160 (in Ukrainian).
- Kyrychuk, G. Y., & Muzyka, L. V. (2016). Peculiarities of the distribution of β -carotene in the organism of *Lymnaea stagnalis* under the influence of the ions of heavy metals. *Hydrobiological Journal*, 52(5), 63–72.
- Lamed, S. T. (2010). A prospectus for periphyton: Recent and future ecological research. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 182–206.
- Leland, H. V., & Carter, J. L. (1985). Effects of copper on production of periphyton, nitrogen fixation and processing of leaf litter in a Sierra Nevada, California Stream. *Freshwater Biology*, 15(2), 155–173.
- Lengyel, E., Padisk, J., & Stenger-Kovacs, C. (2015). Establishment of equilibrium states and effect of disturbances on benthic diatom assemblages of the Torna-stream, Hungary. *Hydrobiologia*, 750(1), 43–56.
- Nesterova, D. A. (2003). Phytoplankton of the Black Sea: Geological past, geographic distribution of species and influence of the river flow. *International Journal on Algae*, 5(3), 1–21.
- Omar, W. M. W. (2010). Perspectives on the use of algae as biological indicators for monitoring and protecting aquatic environments, with special reference to Malaysian freshwater ecosystems. *Tropical Life Sciences Research*, 21(2), 51.
- Orvain, F., & Sauriau, P. G. (2002). Environmental and behavioural factors affecting activity in the intertidal gastropod *Hydrobia ulvae*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 272(2), 191–216.
- Palmer, C. M. (1969). A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology*, 5(1), 78–82.
- Round, F. E. (1991). Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, 3, 129–145.
- Shcherbak, V. I., & Komeychuk, N. N. (2006). Influence of hydrological and morphological characteristics of the Teterev river on the structure of phytomicroepilithon. *Hydrobiological Journal*, 42(5), 25–38.
- Shcherbak, V. I., & Kozychuk, E. S. (2016). Phytomicrobenthos dynamics in water bodies of various types in the Kiliya delta of the Danube river depending on some ecological factors. *Hydrobiological Journal*, 52(3), 3–14.
- Shcherbak, V. I., & Semenyuk, N. Y. (2011). Use of phytoperiphyton for the assessment of the ecological state of anthropically changed aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*, 47(4), 24–40.
- Shelyuk, Y. S. (2014). Phytoplankton structure and functioning in artificial water bodies of the town of Zhitomir. *Hydrobiological Journal*, 50(4), 15–27.
- Sitnikova, T. Y. (ed.) (2010). Distribution of Gastropoda in the littoral zone of Lake Baikal. *Hydrobiological Journal*, 46(3), 3–19.
- Solak, C. N., Barinova, S., Acs, E., & Dayioğlu, H. (2012). Diversity and ecology of diatoms from Felent creek (Sakarya river basin), Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 36(2), 191–203.
- Stadnichenko, A. P. (2004). Lymnaeidae i Acroloxidae Ukrainy [Lymnaeidae and Acroloxidae of the Ukraine]. Tsentr Uchebnoy Literatury, Kyiv (in Russian).
- Stadnichenko, A. P. (2006). Lymnaeidae i Acroloxidae Ukrainy: Metody sbora i izucheniya biologii, ekologii, poleznoj i vrednoj cennosti [Lymnaeidae and Acroloxidae Ukraine: The methods of collecting and studying the biology, ecology, useful and harmful value]. Ruta, Zhitomir (in Russian).
- Stadnychenko, A. P., Kyrychuk, G. Y., & Taran, K. V. (2005). Influence of environmental factors on the carbohydrate metabolism regulation in Purple Ramshorn Snail (*Planorbarius purpura*: Mollusca, Pulmonata, Bulinidae). *Hydrobiological Journal*, 41(5), 118–124.
- Topachevskij, A. V., & Masyuk, N. P. (1984). Presnovodnye vodorosli Ukrain-skoj SSR [Freshwater algae of the Ukrainian SSR]. Vishha Shkola, Kyiv (in Russian).
- Young, H. K., & Jung, K. A. (2005). Ecological characteristics of marine algal communities at the discharge canals of three nuclear power plants on the East Coast of Korea. *Algae*, 20(3), 217–224.