

5. Ковбасенко В. М. Влияние некоторых инвазионных заболеваний на общий химический состав и биологическую ценность мяса и печени крупного рогатого скота / В. М. Ковбасенко, В. М. Томша, Д. К. Ерхан // Известие Академии наук Молдавской ССР. Кишинев, «Штинце», 1991, №4. – С. 82–86.

6. Дахно И. С. Епізоотологія, патогенез, епіотропна та імунокорегуюча терапія при фасціольозі і дикроцеліозі жуйних тварин / І. С. Дахно // Автореф. дис. на здоб. д. в. наук: спец. 16.00.18 «Ветеринарна паразитологія: Харків, 2001–360 с.

7. Правила передзабійного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та м'ясних продуктів. Київ. 2002. – 61 с.

8. Обов'язків мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, комбікормової сировини, комбікормів, вітамінних препаратів та ін., які слід проводити в державних лабораторіях ветеринарної медицини, за результатами якої видається ветеринарне свідоцтво (Ф – 2). Київ 2004.

9. Методика по застосуванню культури *Colpoda steinii* сухої для токсикологічних досліджень токсикологічності м'яса і м'ясних продуктів від тварин і птиці. Київ. 2002. – 24 с.

Стаття надійшла до редакції 7.04.2015

УДК 504.864.3 (477.82)

Бубис О. Є. ©

E-mail: bubys_o@mail.ru

Львівський національний університет імені Івана Франка

ВОДЯНІ РОСЛИНИ ТА ЇХ ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ

В оглядовій статті проаналізовано екологічні особливості водяних рослин, їхнє розповсюдження, екологічну роль у водних екосистемах та практичне використання. Показано, що таксономічний склад водяних рослин представлений водоростями, покритонасінними та окремими представниками вищих спорових рослин. Вказано на роль водяних рослин як первинних продуцентів органічних речовин та виробників кисню у водних екосистемах. Відмічені фільтраційна, поглинальна, накопичувальна та детоксикаційна функції цих рослин у компонентах гідросфери, їхня роль у харчуванні водяних тварин. Значна увага приділена аналізу можливості використання водяних рослин під час екологічного моніторингу стану водойм і водотоків, зокрема, методом фітоіндикації. Проаналізовано практичне значення водяних рослин у процесах очищення стічних вод та біоремедіації водних об'єктів, забруднених політантами антропогенного походження.

Ключові слова: водяні рослини, водні екосистеми, екологічний моніторинг, фітоіндикація, біоремедіація.

УДК 504.864.3 (477.82)

Бубис О. Е.

Львовский национальный университет имени Ивана Франко

ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

В обзорной статье проанализированы экологические особенности водных растений, их распространение, экологическая роль в водных экосистемах и практическое использование. Показано, что таксономический состав водных растений представлен водорослями, покритосеменными и отдельными представителями высших споровых растений. Указано на роль водных растений как первичных продуцентов органических веществ и производителей кислорода в

водных экосистемах. Отмечено фильтрационную, поглощающую, накопительную и детоксикационную функции этих растений в компонентах гидросферы, а также их роль в питании водных животных. Значительное внимание уделено анализу возможности использования водных растений в экологическом мониторинге состояния водоемов и водотоков, в частности, методом фитоиндикации. Проанализировано практическое значение водных растений в процессах очистки сточных вод и биоремедиации водных объектов, загрязненных поллютантами антропогенного происхождения.

Ключевые слова: водные растения, водные экосистемы, экологический мониторинг, фитоиндикация, биоремедиация.

UDC 504.864.3 (477.82)

Bubys O. E.

Lviv National Ivan Franko University

WATER PLANTS AND THEIR ECOLOGICAL ROLE

The review article analyzes ecological characteristics of aquatic plants, their distribution, ecological role in aquatic ecosystems and practical use. It is shown, that the taxonomic composition of aquatic plants are represented by algae, angiosperms and some representatives of higher spore plants. The role of water plants as primary producers of organic matter and manufacturers of oxygen in aquatic ecosystems is specified. The filtration, absorbing, accumulative and detoxification functions of these plants in the components of the hydrosphere, and their role in the diet of aquatic animals are considered. Much attention is paid to the analysis of the possibility of using aquatic plants in the environmental monitoring of water bodies and watercourses, particularly by phytoindication. The practical importance of aquatic plants in the process of wastewater treatment and bioremediation of water bodies contaminated with pollutants of anthropogenic origin is analyzed.

Key words: aquatic plants, aquatic ecosystems, environmental monitoring, phytoindication, bioremediation.

Загальна характеристика водних рослин. Життєвий цикл водних рослин протікає в частково або повністю зануреному у воду стані. За систематичною приналежністю та життєвими формами водні рослини дуже різноманітні – вони включають водорості та вищі рослини. Основними компонентами гідрофітоценозів є водорості, які відіграють основну роль у формуванні видового різноманіття та фітопродуктивності водних екосистем. У водоймах і водотоках водорості ростуть у різних біотопах і входять до складу фітопланктону, фітобентосу, перифітону, нейстону [3]. Видове різноманіття та біомаса водоростей відрізняється в різних типах водойм і змінюється залежно від ділянки акваторії, сезонних чинників та рівня антропогенного навантаження [1]. Зазвичай ці показники збільшуються у весняно-літній період [7].

Вищі рослини водних екосистем за чисельністю та різноманітністю поступаються флорі суходолу і представлені, головним чином, покритонасінними. Однак серед угруповань водної рослинності є й представники вищих спорових рослин (Bryophyta, Pteridophyta) [25].

Вищі водяні рослини – важливий компонент гідробіоценозів. Поряд із водоростями ці організми є первинними продуцентами і формують автотрофний блок гідроекосистеми, забезпечуючи надходження органічних речовин та енергії в екосистему водойми. Під час фотосинтезу вони не тільки синтезують органічні речовини, а й виділяють у навколишнє середовище кисень, необхідний для дихання водних тварин та інших гідробіонтів. Разом із тим, водяні рослини-макрофіти

відіграють важливу роль у структурних і функціональних аспектах водних екосистем, змінюючи режим руху води, забезпечуючи джерело їжі та притулок представникам іхтіофауни і водяним безхребетним і змінюючи якість води [8, 14, 19]. Поглинаючи розчинені мінеральні речовини, водяні рослини беруть участь у процесах обміну біогенних елементів та самоочищення води. Водночас макрофіти здатні біоконцентрувати і накопичувати в клітинах неорганічні та органічні поллютанти, а крім того, можуть знешкоджувати деякі органічні ксенобіотики, вбираючи їх із водного середовища і трансформуючи їхню структуру в своїх клітинах після абсорбції [25].

Вищі водяні рослини розповсюджені дуже широко – деякі їхні види виявляються майже по всій земній кулі; відомі групи близькоспоріднених форм, що заміщають одна одну в різних частинах світу [13, 23]. За життєвою формою, або формою росту, вони поділяються на чотири основні групи: 1) такі, що вільно плавають на поверхні або в товщі стоячої води; 2) вкорінені з плаваючими на поверхні листям; 3) вкорінені або прикріплені до дна, всі частини яких, іноді крім генеративних органів, знаходяться під водою; 4) напівзанурені вкорінені рослини, в яких стебла і листя піднімаються над водою [13]. Разом із тим, за умов зменшення рівня води деякі види водяних рослин здатні пристосовуватися до різних умов середовища, наприклад до життя на вологому ґрунті, змінюючи форму росту, що пов'язано зі змінами морфологічних, анатомічних чи фізіологічних ознак [18].

За вимогами до хімічного складу води можна виділити чотири групи водяних рослин: 1) види, що ростуть у м'яких, нейтральних або злегка кислих водах, звичайних для областей, де мало вапняку; 2) види, пристосовані до прісних вод, багатих на карбонат кальцію; 3) види, які розповсюджені в опріснених морських та лужних, багатих на сульфати, водах пустельних і напівпустельних областей; 4) морські види рослин, які заселяють солонowodне середовище [23].

Деякі широко розповсюджені водяні рослини добре ростуть за різного хімічного складу води, інші – тільки за строго визначеного хімічного складу водного середовища. Наприклад, представники роду філоспадикс (*Phyllospadix*), як і інші види морських трав, виявляються тільки в морській воді [16], представники роду рупія *Ruppia* – ростуть тільки в солонуватих водоймах різного ступеня солоності [30], різні види рдесника (*Potamogeton*) ростуть у прісній або солонуватій воді, багатій на сполуки кальцію [28], а більшість представників *Isoetes* spp. виростає тільки в м'якій болотній воді [20].

Важливим фактором для росту водяних рослин є температура води [23, 15]. Деякі види цих рослин ростуть тільки в тропічних областях, тоді як інші ростуть лише у водоймах помірної кліматичної зони [13]. Водночас для росту водяних рослин необхідне постійне надходження поживних речовин та мікроелементів [15]. Рослини, що вільно плавають на поверхні води (наприклад ряска та різні види водяної папороті), отримують необхідні для живлення іони та хімічні сполуки безпосередньо з води, однак більшість водних рослин, принаймні частково, вбирає їх із донного ґрунту і найкраще розвивається на родючому, багатому органічними речовинами субстраті. На бідних на поживні речовини донних ґрунтах, наприклад на піску, ріст багатьох видів пригнічується, а деякі види водяних рослин, зокрема, представники родів *Sagittaria* і *Echinodorus* за таких умов залишаються на ювенільній стадії розвитку [23, 10]. Для нормального розвитку водяним рослинам необхідно також адекватне освітлення – для забезпечення функцій фотосинтезуючої системи [15].

Екологічна роль водяних рослин та їх використання. Водяні рослини є незамінними компонентами водних екосистем планети і відіграють велику роль у загальному колообігу речовин у природі. З функціонуванням водяних рослин, які є основними автотрофними фотосинтезуючими організмами у водних екосистемах, безпосередньо пов'язане нагромадження органічних речовин в гідросфері. Вищі водяні рослини відіграють важливу роль у житті водойм, виконуючи такі основні функції, як фільтраційна, поглинальна, накопичувальна, окислювальна та детоксикаційна [11]. Вищі водяні рослини більш стійкі до забруднення води, порівняно з фіто- і зоопланктоном, та відіграють роль бар'єра, завдяки якому відбувається фільтрування та збільшення прозорості води. Водночас ці рослини виконують санітарну функцію, пригнічуючи розвиток бактерій і збудників деяких інфекційних захворювань. Крім того, водяними рослинами живляться представники іхтіофауни та багато інших тварин [9, 24]. Зокрема, бульбами і насінням різних видів рдесника харчуються водоплавні птахи. Цінними для птахів кормами є очерет і канадський рис. Кореневища латаття і рогозу, бульби стрілолиста споживають водяні ссавці (бобер, ондатра). Окремі види водяних рослин (наприклад, рис) вирощують для харчування людини [13].

Водяні рослини відіграють вагомую роль у підтриманні структури та функцій водних екосистем, але деякі з них є найбільш розповсюдженими інвазивними рослинами. Багато стресових для прісних водойм чинників (наприклад, зміна кліматичних умов, евтрофікація) можуть призводити до зниження різноманітності місцевих видів і, в свою чергу, сприяти розповсюдженню чужоземних видів водяних рослин [13].

Деякі водяні рослини стають особливо агресивними за умов інтродукції в акваторії інших материків або територіально віддалених країн. Внаслідок інтенсивного розмноження у прісноводних водотоках вони можуть стати серйозною перешкодою для річкового судноплавства. Водяні рослини часто засмічують зрошувальні канали, зокрема, занурені види рослин сповільнюють течію води, а напівзанурені – спричиняють безпосередні її втрати внаслідок випаровування своїми надводними частинами – стеблами і листям.

Різним групам водяних рослин (водоростям і вищим рослинам) притаманні біоіндикаторні властивості [4, 12]. За допомогою рослин-індикаторів та їхніх угруповань оцінюють фактори антропогенного впливу: порушення екологічного стану природних водойм, забруднення водного середовища промислово-комунальними стоками і токсичними відходами тощо.

Водяні рослини розглядають як індикаторні об'єкти під час моніторингу екологічного стану водойм. Відомо, що забруднення водних об'єктів позначається на видовому складі рослинних асоціацій, зменшуючи їхню кількість. Рівень і тип забруднення також можна оцінити за морфологічним та фізіолого-біохімічним станом водяних рослин [6]. Якість або ступінь забруднення води за складом водяних рослин оцінюють двома способами: 1) за індикаторними рослинними організмами; 2) за результатами порівняння структури угруповань на ділянках із різним ступенем забруднення і незабрудненій ділянці, яку приймають за контроль. У першому випадку за наявності або відсутності індикаторних видів або груп та їх відносного вмісту в складі водних фітоценозів, користуючись наперед розробленими системами індикаторних організмів, відносять водойму або її ділянку до певного класу вод. У другому випадку висновок роблять за наслідками порівняння складу угруповань водяних рослин на окремих ділянках водойми, які зазнають різного рівня забруднення.

Водяні рослини як біоіндикатори стану водного середовища застосовують під час санітарно-біологічної оцінки водних об'єктів, для оцінки ступеня евтрофікації водойм і водотоків [2, 4, 5].

Окремі види водяних рослин використовують для очищення стічних вод та фітореMediaції водойм, оскільки вони здатні нагромаджувати важкі метали, пестициди та інші ксенобіотики, вбираючи їх із стічних вод та забруднених компонентів середовища (води, донних осадів, ґрунту) [21, 25, 29].

Для очищення стічних вод часто використовують очерет (*Phragmites* spp.), рогіз (*Typha* spp.), рдесник (*Potamogeton* spp.), спіродела (*Spirodela* spp.), елодея (*Elodea* spp.), сусак (*Butomus* spp.) та ін. [17, 27].

Системи очистки стічних вод із застосуванням вищих водяних рослин, таких як очерет, використовують у багатьох країнах Європи, Азії та Америки. Стійкість очерету до дії великої концентрації забруднень дає змогу успішно використовувати його для очистки промислових і шахтних вод, стічних вод тваринницьких комплексів. Описані біоінженерні споруди з очеретяною рослинністю для очистки господарсько-побутових стічних вод у Великобританії, Угорщині, Нідерландах, Японії, Китаї; для очистки забрудненого поверхневого стоку в Норвегії, Австралії та в інших країнах [22, 26].

Висновки. Водяні рослини є незамінними компонентами водних екосистем і відіграють життєво важливу роль у функціонуванні гідробіоценозів. Вони представлені і водоростями, і вищими рослинами, які в сукупності формують автотрофний блок водних екосистем. Водяні рослини – це первинні продуценти органічних речовин і відіграють важливу роль у збагаченні водного середовища киснем. Крім того, ці рослини виконують у водоймах фільтраційну, поглинальну, накопичувальну, окислювальну та детоксикаційну функції, а також є харчовими об'єктами для водяних тварин. Різним видам водяних рослин притаманні фітоіндикаторні властивості. З використанням цих рослин та їхніх угруповань оцінюють різні фактори антропогенного впливу: порушення екологічного стану природних водойм, забруднення водного середовища промислово-комунальними стоками і токсичними відходами тощо. Крім того, водяні рослини мають важливе практичне застосування у процесах очищення стічних вод та біоремедіації водних об'єктів, забруднених антропогенними поллютантами.

Література

1. Белоус Е. П. Сезонная изменчивость фитопланктона верхнего участка реки Южный Буг (Украина) / Белоус Е. П., Лилицкая Г. Г., Кривенда А. А. // Альгология. – 2013. – № 1. – С. 53–64.
2. Бубис О. Є. Вплив Кадмію, Плюмбуму і Хрому (VI) на активність ензимів антиоксидантної системи в клітинах ряски (*Lemna minor* L.) / О. Є. Бубис, Г. Л. Антосяк // Вісник Львівського ун-ту. Сер. біол. – 2014. – Т. 65. – С. 161–169.
3. Евстигнеева И. К. Макрофитобентос и макрофитоперифитон заповедника «Лебяжий острова» (Черное море, Украина) / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская // Альгология. – 2010. – № 2. – С. 176–191.
4. Куриленко В. В. Биоиндикаторная роль высших растений при диагностике загрязнений водных экосистем на примере малых водоемов г. Санкт-Петербурга / В. В. Куриленко, Н. Г. Осмоловская // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34. – № 6. – С. 757–764.
5. Малюга Н. Г. Биоиндикация загрязнения воды тяжелыми металлами с помощью представителей семейства рясковых – Lemnaceae / Н. Г. Малюга,

Л. В. Цаценко, Л. Х. Аветянц // Экологические проблемы Кубани. Сб. науч. тр. Краснодар.: КГАУ, 1996. – С. 153–155.

6. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: теоретические и прикладные аспекты / Т. И. Моисеенко. – М., 2009. – 400 с.

7. Теренько Л. М. Сезонная динамика фитопланктона в прибрежных водах Одесского залива Черного моря (Украина) / Л. М. Теренько // Альгология. – 2010. – № 1. – С. 73–85.

8. Barhoumi L. Effects of superparamagnetic iron oxide nanoparticles on photosynthesis and growth of the aquatic plant *Lemna gibba* / Barhoumi L., Oukarroum A., Taher L. B., Smiri L. S., Abdelmelek H., Dewez D. // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2015. – Vol. 68, N 3. – P. 510–520.

9. Biudes J. F. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the Itanhaém River Basin (SP, Brazil) / J. F. Biudes, A. F. Camargo // Braz. J. Biol. – 2006. – Vol. 66, N 3. – P. 781–789.

10. Bornette G. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review / G. Bornette, S. Puijalon // Aquat. Sci. – 2011. – Vol. 73. – P. 1–14.

11. Brix H. Plants used in constructed wetlands and their functions / H. Brix // 1st International seminar on the use of aquatic macrophytes for wastewater treatment in constructed wetlands. May 8–10, 2003, Lisbon. – P. 2–30.

12. Burger J. Bioindicators: a review of their use in the environmental literature 1970–2005 / J. Burger // Environ. Bioindicators. – 2006. – Vol. 1, N 2. – P. 136–144.

13. Chambers P. A. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater / Chambers P. A., Lacoul P., Murphy K. J., Thomaz S. M. // Hydrobiologia. – 2008. – Vol. 198. – P. 9–26.

14. Dhote S. Water quality improvement through macrophytes – a review / S. Dhote, S. Dixit // Environ. Monitor. Assessment. – 2009. – Vol. 152. – P. 149–153.

15. Kohler J. Regulation of submersed macrophyte biomass in a temperate lowland river: Interactions between shading by bank vegetation, epiphyton and water turbidity / J. Kohler, J. Hachol, S. Hilt // Aquat. Bot. – 2010. – Vol. 92. – P. 129–136.

16. Larkum A. W. D. Taxonomy and biogeography of seagrasses. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. / A. W. D. Larkum, C. Duarte, R. J. Orth (Eds.). Springer-Verlag New York, LLC, 2005.

17. Lee B. H. What is the role of *Phragmites australis* in experimental constructed wetland filters treating urban runoff? / B. H. Lee, M. Scholz // Ecological Engineering. – 2007. – Vol. 29. – P. 87–95.

18. Li Z. Q. Adaptation to water level variation : responses of a floating-leaved macrophyte *Nymphaea peltata* to terrestrial habitats / Z. Q. Li, D. Yu, J. Xu // Annales de Limnologie – Int. J. Limnology. – 2011. – Vol. 47. – P. 97–102.

19. Miler O. Biomechanical properties and morphological characteristics of lake and river plants: implications for adaptations to flow conditions / Miler O., Albayrak I., Nikora V., O'Hare M. // Aquat. Sci. – 2014. – Vol. 76, N 4. – P. 465–481.

20. Musselman L. J. Georgia quillworts / L. J. Musselman // J. Georgia Bot. Soc. – 2001. – Vol. 16. – P. 2–19.

21. Rai P. K. Heavy metal pollution in lentic ecosystem of sub-tropical industrial region and its phytoremediation / P. K. Rai // Int. J. Phytoremediation. – 2010. – Vol. 12, N 3. – P. 226–242.

22. Randerson P. F. Constructed wetlands and vegetation filters: an ecological approach to wastewater treatment / P. F. Randerson // Environ. Biotechnol. – 2006. – Vol. 2, N 2. – P. 78–89.

23. Santamaría L. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment / L. Santamaría // *Acta Oecologica*. – 2002. – 23. – P. 137–154.
24. Siegal-Willott J. L. Proximate nutrient analyses of four species of submerged aquatic vegetation consumed by Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*) compared to romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) / Siegal-Willott J. L., Harr K., Hayek L. A., Scott K. C., Gerlach T. // *J. Zoo Wildl. Med.* – 2010. – Vol. 41, N 4. – P. 594–602.
25. Sood A. Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, Azolla / Sood A., Uniyal P. L., Prasanna R., Ahluwalia A. S. // *Ambio*. – 2012. – Vol. 41, N 2. – P. 122–137.
26. Todorovics C. The use of the reed (*Phragmites australis*) in wastewater treatment on constructed wetlands / Todorovics C., Garay T. M., Bratek Z. // *Acta Biologica Szegediensis*. – 2005. – Vol. 49 (1–2). – P. 81–83.
27. Vymazal J. Vegetation development in subsurface flow constructed wetlands in the Czech Republic / J. Vymazal // *Ecological Engineering*. – 2013. – Vol. 61, Pt. B. – P. 575 – 581.
28. Wiegleb G. An account of the species of *Potamogeton* L. / Wiegleb G., Kaplan Z. // *Folia Geobotanica*. – 1998. – Vol. 33. – P. 241–316.
29. Xie W. Y. Cadmium accumulation in the rootless macrophyte *Wolffia globosa* and its potential for phytoremediation / Xie W. Y., Huang Q., Li G., Rensing C., Zhu Y. G. // *Int. J. Phytoremediation*. – 2013. – Vol. 15, N 4. – P. 385–397.
30. Zhao L. C. A review on the taxonomy and evolution of *Ruppia* / Zhao L. C., Wu Z. Y. // *J. Syst. Evolut.* – 2008. – Vol. 46. – P. 467–478.

Стаття надійшла до редакції 7.04.2015

УДК 614.449:546.76.

Буцяк А. А., к.с.-г.н., доцент, **Буцяк В. І.**, д.с.-г.н., професор ©
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Львів, Україна

КОМБІНОВАНИЙ ВПЛИВ СОЛЕЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ОБМІН ВУГЛЕВОДІВ У КРОВІ ЛАБОРАТОРНИХ ТВАРИН

У статті висвітлюються питання щодо впливу важких металів на обмін вуглеводів у крові щурів. Встановлено, що важкі метали пригнічують метаболізм вуглеводів. Токсична дія яких залежить не тільки від токсичності окремого елемента, але й від їх комбінацій. Йони Cd^{2+} та Pb^{2+} супроводжуються синергічною взаємодією, а йони Cu^{2+} і Zn^{2+} , навпаки, хоча антагонізм між Cd^{2+} і Zn^{2+} більш виражений, порівняно з Cd^{2+} і Cu^{2+} .

Ключові слова: важкі метали, сумісний вплив, техногенне навантаження, обмін вуглеводів, лабораторні тварини.

УДК 614.449:546.76.

Буцяк А., Буцяк В.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького

КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОБМЕН УГЛЕВОДОВ В КРОВИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

В статье освещаются вопросы влияния тяжелых металлов на обмен углеводов в крови крыс. Установлено, что тяжелые металлы подавляют метаболизм углеводов. Токсическое действие которых зависит не только от

© Буцяк А. А., Буцяк В. І., 2015