

УДК 504.4.054.001.5 : 556.53

Д. Ю. Верниченко-Цветков
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО ПИГМЕНТНЫМ
ПОКАЗАТЕЛЯМ АЛЬГОФЛОРЫ

*Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем;
61166, г. Харьков, ул. Бакулина, 6 e-mail: verniczenko@mail.ru*

Верниченко-Цветков Д. Ю. Оценка состояния водных экосистем по пигментным показателям альгофлоры. – Приведены результаты исследования содержания фотосинтетических пигментов альгофлоры в донных отложениях рек: Вольнянка, Мокрая Московка и Капустянка, а также Запорожского и Каховского водохранилищ вблизи впадения указанных рек в водоемы. Установлено влияние загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты г. Запорожье, на показатели пигментного фонда дна. Выявлена информативность пигментных показателей донных водорослей и предложено использование их в целях экодиагностики состояния водных экосистем.

Ключевые слова: гидрэкосистемы, экологическое состояние, микроводоросли, фотосинтетические пигменты, загрязняющие вещества

Введение

Проблема объективной оценки экологического состояния водных объектов относится к числу наиболее актуальных в области охраны окружающей среды. Среди различных аспектов данной проблемы следует выделить задачу поиска наиболее информативных показателей, которые могут быть использованы в целях экодиагностики состояния водных экосистем. Выявить подобные характеристики наиболее удобно при выполнении сопоставительного анализа поверхностных вод, существенно отличающихся по уровню антропогенной нагрузки. Объектами подобных исследований могут служить поверхностные воды в населенных пунктах и за их пределами. Водные объекты, расположенные в городах, особенно в промышленных регионах, испытывают высокую антропогенную нагрузку, которая снижается по мере удаления от источников антропогенного воздействия. Учитывая, что поверхностные воды водотоков, протекающих по территории городов, поступают в более крупные водные объекты, становясь важным фактором их экологического состояния, представляло интерес проанализировать возможность использования пигментных показателей альгофлоры для анализа условий функционирования водных экосистем. Следует заметить, что значение пигментных характеристик фитопланктона для оценки качества поверхностных вод отмечается во многих работах, например в [1, 2]. Данные показатели широко используются для оценки трофности вод, определения биомассы водорослей, анализа их физиологического состояния, а также определения доминирующих группировок альгофлоры. Особое значение определение пигментных показателей фитопланктона имеет для диагностики состояния водных объектов-источников питьевого водоснабжения.

Возможность использования показателей содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях поверхностных вод для индикации их экологического состояния пока исследована недостаточно [3]. Между тем, донные отложения являются важным компонентом водных экосистем. В условиях высокой антропогенной нагрузки на водные объекты в них аккумулируются значительные количества загрязняющих веществ, в том числе обладающих токсическими, канцерогенными и мутагенными свойствами. От процессов, которые происходят в донных отложениях, во многом зависят качество и условия воспроизводства водных ресурсов. Учитывая данное обстоятельство, для оценки состояния водных экосистем все чаще привлекают показатели донных отложений. Важным преимуществом химических характеристик донных отложений является их большая инерционность по сравнению с параметрами водной среды. К сожалению, методическая база

анализа химического состава донных отложений в Украине разработана слабо, а предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в данном компоненте поверхностных вод вообще не установлены. В этих условиях особое значение приобретают биологические показатели донных отложений водных объектов, в том числе такие параметры, как численность, биомасса, видовой состав, функциональная активность представителей бентосных организмов. В отличие от химических параметров они позволяют интегрально оценить реакцию экосистемы на весь комплекс антропогенных воздействий.

Наиболее широкое применение в системе экологического мониторинга поверхностных вод в последние годы получили показатели развития макрозообентоса [4]. Однако, поскольку альгофлора донных отложений также является важным компонентом водных биоценозов, в работе [5] предлагается использовать в целях экодиагностики и характеристики развития фитобентоса.

Материалы и методика исследований

Объектами исследований служили донные отложения малых рек Вольнянка, Капустянка и Мокрая Московка, а также Запорожского и Каховского водохранилищ вблизи от впадения указанных водотоков в водоем.

Вышеуказанные реки значительно различаются по характеру и величине антропогенной нагрузки. Так, р. Вольнянка впадает в озерную часть Запорожского водохранилища существенно выше г. Запорожье и протекает в основном по территориям с высокой степенью сельскохозяйственного освоения; кроме того, она отличается значительной зарегулированностью. Реки Капустянка и Мокрая Московка, впадающие в русловую часть Каховского водохранилища, принимают сточные воды ряда предприятий г. Запорожье, а также атмосферные осадки и поверхностный сток с городской территории, что обуславливает высокий уровень их загрязненности токсическими веществами.

Пробы донных отложений в Запорожском регионе отбирали в период проведения в бассейне Днепра второй украинско-канадской экспедиции. Отбор проб донных отложений осуществлялся дночерпателем Петерсона либо штанговым дночерпателем. При отборе, транспортировке и хранении проб руководствовались указаниями, изложенными в нормативном документе [6]. Для анализа фотосинтетических пигментов водорослей использовали верхний 3-5 см слой донных отложений. Экстракцию хлорофилла "а" выполняли по методике Штойбинга, разработанной первоначально для почв, и модифицированной автором [7]. Содержание хлорофилла "а" в экстрактах определялось трихроматическим методом [8]. Расчет содержания каротиноидов выполнялся по уравнению Парсонса-Стрикленда [9], а содержание феофитина – по формуле Лоренцена [8]. Результаты экспериментальных исследований анализировали с помощью методов математической статистики [10].

Результаты и их обсуждение

Город Запорожье относится к числу наиболее загрязненных населенных пунктов Украины, о чем свидетельствуют данные, характеризующие объемы выбросов вредных веществ в атмосферный воздух и величину сбросов загрязненных возвратных вод в водные объекты города [11, 12].

В результате процессов самоочищения загрязняющие вещества, поступающие в поверхностные воды города с атмосферными осадками, поверхностным стоком и недостаточно очищенными сточными водами, частично трансформируются, а частично накапливаются на дне. Анализ химического состава донных отложений указанных водных объектов, выполненный сотрудниками Украинского научно-исследовательского института экологических проблем, показал, что в данном компоненте водных экосистем присутствуют в значительных количествах разнообразные токсические вещества. Это подтверждается и результатами оценки токсичности донных отложений, выполненной с помощью методов биотестирования, что свидетельствует о неблагоприятной экологической ситуации [13].

Не смотря на некоторые отличия, донные отложения, отобранные в р. Капустянка и р. Мокрая Московка на территории города и в р. Вольнянка, могут быть отнесены к одному типу – песчанистым илам. Сопоставительный анализ величины их пигментного фонда свидетельствует об угнетении альгофлоры в присутствии высоких концентраций загрязняющих веществ (табл. 1). Так, если принять содержание хлорофилла в донных отложениях р. Вольнянка за 100%, то в донных отложениях р. Мокрая Московка концентрация данного пигмента составляла 31,6%, а р. Капустянки – всего 5,3%. Содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях р. Капустянка на территории г. Запорожье оказалось наименьшим среди исследованных водотоков бассейна Днепра [14].

Таблица 1

Содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях водотоков

Пункт отбора проб на реке	Хлорофилл "a" (Хл), мкг/г	Каротиноиды (К), мкгSPU/г	Феопитин (Ф), мкг/г	К/Хл	Ф/Хл
Вольнянка	13,3 ± 1,39	11,0 ± 1,23	7,8 ± 0,71	0,83	0,59
Капустянка	0,7 ± 0,10	2,30 ± 0,37	0,2 ± 0,01	3,28	0,29
Мокрая Московка	4,2 ± 0,23	6,4 ± 1,11	8,6 ± 0,46	1,52	2,05

Уровень загрязнения как донных отложений, так и воды р. Капустянка в период проведения исследований был более высоким, чем р. Мокрая Московка. Так, содержание Fe, Zn и Pb в воде р. Капустянка было в 5 раз выше, чем в воде р. Мокрая Московка, Mn – в 2,5 раза, Cd, Ni и Cr – примерно в 1,5 раза [15]. Видовой состав биоценоза р. Капустянка также существенно отличался от биоценоза р. Мокрая Московка. Например, в зоопланктоне р. Капустянка встречались всего два вида представителей Copepoda, а зоопланктон р. Мокрая Московка был представлен 89 видами, среди которых встречались представители Rotatoria, Cladocera, Copepoda. Соответственно, биомасса зоопланктона указанных рек в период проведения исследований отличалась в 62 раза [13]. Более высокое содержание фотосинтетических пигментов водорослей в донных отложениях р. Мокрая Московка по сравнению с донными отложениями р. Капустянка согласуется с приведенными выше материалами, что говорит об информативности пигментных показателей.

Следует отметить высокое отношение содержания каротиноидов к хлорофиллу в донных отложениях как р. Капустянка, так и р. Мокрая Московка, что не характерно для вегетационного сезона. Учитывая, что каротиноиды выполняют в клетках водорослей защитные функции [16], можно сделать вывод, что водоросли в указанных реках находятся в угнетенном состоянии. Особо обращает на себя внимание высокое соотношение хлорофилла и продукта его разложения – феопитина в донных отложениях Мокрой Московки, что может быть связано с отмиранием водорослей.

Результаты анализа содержания фотосинтетических пигментов альгофлоры в пробах донных отложений Запорожского и Каховского водохранилищ, отобранных недалеко от впадения исследованных рек, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях водохранилищ

Пункт отбора проб в водохранилищах	Хлорофилл "a" (Хл), мкг/г	Каротиноиды (К), мкгSPU/г	К/Хл
Запорожское водохранилище, Вольнянский залив, недалеко от устья р. Вольнянка	58,0 ± 4,66	17,8 ± 0,75	0,31
Каховское водохранилище, о. Хортица, траверз р. Мокрая Московка	4,4 ± 0,95	2,6 ± 0,54	0,59
Каховское водохранилище, о. Хортица, траверз р. Капустянка.	11,8 ± 0,97	5,5 ± 1,25	0,47

Как видно из данных табл. 2, наблюдаются существенные различия в величине пигментного фонда дна различных районов исследованных водоемов. В частности, концентрация растительных пигментов в донных отложениях вблизи устья р. Вольнянка выше, чем в донных отложениях на траверзе р. Мокрая Московка и р. Капустянка. В то же время, соотношение каротиноидов и хлорофилла "а" во всех пунктах ниже единицы, что свидетельствует о нормальном состоянии водорослей, близком к наблюдавшемуся в р. Вольнянка.

Аналогичная закономерность снижения величины пигментного фонда дна при высоком уровне загрязнения водоема наблюдалась и в исследованиях, выполненных на Куйбышевском водохранилище в районе поступления условно чистых сточных вод г. Тольятти [17]. Содержание хлорофилла "а" в донных отложениях данного створа было в зависимости от сезона в 2-3 раза выше по сравнению с его концентрацией в донных отложениях пойменной части Приплотинного плеса.

В тоже время, при отсутствии выраженного токсического загрязнения донных отложений, отмечается возрастание величины пигментного фонда дна водоемов на некотором удалении от населенных пунктов. Например, отмечено увеличение содержания растительных пигментов в Чебоксарском водохранилище недалеко от г. Конаково [18]. Отмеченные закономерности изменения содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях поверхностных вод, вызванные влиянием загрязняющих веществ, характеризуют две разновидности экологических нарушений, получившие название [19], антропогенного экологического напряжения и антропогенного метаболического регресса.

Выводы

1. Результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что в донных отложениях водотоков г. Запорожье, под влиянием поступления загрязняющих веществ, наблюдается снижение содержания растительных пигментов, а также изменение их соотношений, что свидетельствует об угнетении функционирования альгофлоры.

2. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях Запорожского и Каховского водохранилищ в районах, находящихся под влиянием поступающих в водоемы речных вод, позволяет выявить различия в условиях функционирования водных экосистем.

3. Обобщение результатов выполненных экспериментальных исследований, а также литературных данных, позволяет рекомендовать использование пигментных показателей водорослей в целях биоиндикации состояния поверхностных вод. Перспективность данных показателей обусловлена, с одной стороны, их связью с процессами первичной продукции органического вещества в водных экосистемах, а, с другой, – точностью и достаточной экспрессностью методов определения.

Список литературы

1. *Сиренко Л. А.* Информационное значение хлорофилльного показателя // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 4. – С. 49-53.
2. *Сигарева Л. Е., Ляшенко О. А.* Значимость пигментных характеристик фитопланктона при оценке качества воды // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 4. – С. 475-480.
3. *Сигарева Л. Е., Тимофеева Н. А.* Растительные пигменты в донных отложениях как показатели трофического состояния водохранилищ Верхней Волги // Проблемы региональной экологии. – 2001. – № 2. – С. 23-35.
4. *Disk de Zwart* Monitoring Water Quality in the future. Biomonitoring. – The Netherlands, Bilthoven. – RIVM, 1995. – Vol. 3. – 83 p.
5. *Оксиук О. П., Давыдов О. А.* Методические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу // Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 98-112.

6. ГОСТ 17.1.5.10-80 "Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность". – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 5 с.

7. Верниченко-Цветков Д. Ю. Методика визначення вмісту пігментів водоростей у донних відкладеннях // Вісник ХІСП. Екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес: Наук. зб. / Мат. II Міжнар. науково-практ. конф. "Екологічна та техногенна безпека" (м. Харків, 26-27 квітня 2002 р.). – Харків, 2002. – Вип. 1 (2). – С. 13-21.

8. ГОСТ 17.1.04.02-90 Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. – М.: Гос. ком. СССР по охране природы, 1990. – 15 с.

9. Бульон В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: Наука, 1983. – 150 с.

10. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

11. Данилко В. К. Екологічна статистика: водні ресурси. – К., 2003. – 367 с.

12. Статистичний щорічник України за 2002 р. – К.: Держстат України, 2003. – С. 576-578.

13. Шевчук В. Я., Васенко О. Г. Екологічний стан басейну ріки Дніпро за результатами першої українсько-канадської експедиції. – Харків, 1999. – 53 с.

14. Верниченко-Цветков Д. Ю. Оцінка екологічного стану водних об'єктів за ензимологічними й пігментними характеристиками донних відкладень // Проблеми охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. праць. – Харків: "Факт", 2004. – С. 293-303.

15. Васюков А. Е. Оценка экологической ёмкости поверхностных вод по содержанию металлов // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26, № 4. – С. 415-426.

16. Goodwin T. W. The biochemistry of the carotenoids. Plants. – London, New York, 1980. – Vol. 1. – 377 p.

17. Экология фитопланктона Куйбышевского водохранилища / Отв. ред. С. М. Коновалов, В. Н. Паутова. – Л.: Наука, 1989. – 302 с.

18. Сигарева Л. Е., Тимофеева Н. А., Законнов В. В. Особенности распределения растительных пигментов в донных отложениях Чебоксарского водохранилища // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 5. – С. 27-35.

19. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

Верниченко-Цветков Д. Ю. Оцінка стану водних екосистем за пігментними показниками альгофлори. – Наведені результати дослідження вмісту фотосинтетичних пігментів альгофлори у донних відкладеннях річок: Вільнянка, Мокра Московка та Капустянка, а також Запорізького й Каховського водосховищ поблизу впадання вказаних річок до водойм. Встановлено вплив забруднюючих речовин, що надходять до водних об'єктів м. Запоріжжя, на показники пігментного фонду дна. Виявлено інформативність пігментних показників донних водоростей і запропоновано використання їх у цілях екодіагностики стану водних екосистем.

Ключові слова: гідроєкосистеми, екологічний стан, мікрowodорості, фотосинтетичні пігменти, забруднюючі речовини

Vernichenko-Tsvetkov D. Yu. The water ecosystems state assessment by the algal pigment parameters. – The research results of the sediment photosynthetic pigments concentration in the Volnyanka, Mokraya Moskovka and Kapustyanka rivers and the Zaporozhskoye and Kahovskoye reservoirs is reported. The influence of the pollutants on the sediment pigment characteristics is determined. The indication valuability of the sediment pigment characteristics is demonstrated and the use of these parameters for ecodiagnostic is proposed.

Key words: hydroecosystems, ecological status, microalga, photosynthetic pigments, pollutants.