УДК 504.4.054.001.5:556.53

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРСКОГО ДОНЦА (В ГРАНИЦАХ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Д.Ю. Верниченко-Цветков

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем

В статье приведены результаты экспедиционных исследований содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях Северского Донца (в границах Харковской области), выполненные в 1998 – 2000 гг. Показано влияние сточных вод, поступающих от населенных пунктов, на пигментный фонд донных отложений реки. Установлена высокая информативность показателей содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях и обоснована целесообразность их использования в целях экодиагностики состояния водных экосистем.

Северский Донец, донные отложения, фотосинтетические пигменты, влияние антропогенных факторов

ВВЕДЕНИЕ

Одной из фундаментальных задач гидробиологии является разработка методологии объективной оценки экологического состояния водных объектов. Среди разнообразных подходов к решению данной задачи следует выделить поиск наиболее приоритетных показателей условий функционирования водных экосистем, которые могли бы служить маркерами процессов, ответственных за геоместаз водных объектов в условиях антропогенного прессинга.

В последние годы при решении данной задачи все большее внимание специалистов привлекают характеристики биохимических процессов, которые происходят в водных объектах, что объясняется значением последних для сохранения устойчивости экосистем к антропогенным воздействиям. К числу наиболее важных биохимических характеристик состояния поверхностных вод следует отнести показатели содержания фотосинтетических пигментов, так как они связаны с новообразованием органического вещества, а, следовательно, и с энергетическим обеспечением водных экосистем.

В настоящее время высокая информативность пигментных показателей фитопланктона не вызывает сомнений [12, 18]. Они 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. О важности указанных характеристик свидетельствует и тот факт, что в нормативных документах многих стран мира, в качестве одного из основных показателей экологического состояния поверхностных вод используется содержание в воде хлорофилла *a*. В то же время индикаторная значимость показателей содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях водных объектов исследована пока недостаточно. Имеющиеся относительно немногочисленные сведения по данному вопросу касаются, в большинстве случаев, исследования пигментного фонда донных отложений озер и водохранилищ. Наиболее детально исследовано содержание растительных пигментов в компонентах экосистем водохранилищ Волги [15 – 17, 20]. Так, в частности, установлена связь пигментных показателей донных отложений указанных водоемов с содержанием в данном компоненте экосистем органического вещества и биогенных элементов, а также с такими характеристиками как влажность и объёмная масса донных отложений. Выявлена зависимость величины пигментного фонда дна водохранилищ от гидрологических параметров и уровня трофности водоемов. В работе [13] предложен подход к интерпретации «бентосного» хлорофилла литорали водохранилищ как показателя продуктивности микрофитобентоса. По мнению Л.Е. Сигаревой и Н.А. Тимофеевой [14] использование растительных пигментов донных отложений в системе экологического мониторинга поверхностных вод не только целесообразно, но и экономически выгодно. В Украине выполнены исследования по оценке содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях ряда водотоков и водохранилищ Днепра [3, 5, 8], а также Черного моря [1].

При достаточно хорошей изученности гидрохимического и гидробиологического режима Северского Донца, сведения о состоянии его донных отложений крайне ограничены [19]. Данные о содержании фотосинтетичных пигментов в данном компоненте экосистемы реки в доступной литературе не были найдены.

Целью настоящей работы было исследовать показатели содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях Северского Донца и оценить возможность использования данных характеристик для экодиагностики состояния водного объекта. В работе анализировалось содержание в донных отложениях хлорофилла *a*, продукта его разложения – феофитина, и каротиноидов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований были донные отложения Северского Донца в пределах Харьковской области. Эта река по величине занимает четвертое место среди водотоков Украины. Бассейн исследованого участка Северского Донца расположен в лесостепной зоне и характеризуется высоким уровнем антропогенной нагрузки [13].

Наблюдения за биохимическими показателями донных отложений реки велись на протяжении 1998 – 2000 гг. в пуктах режимного мониторинга, осуществляемого специалистами Харковского обласного центра Госкомгидромета. Отборы проб донных отложений и воды осуществлялись параллельно. Для анализа биохимических показателей использовали 3–5 см слой донных отложений. Экстракция пигментов из них выполнялась по методу Штойбинга, разработанного первоначально для почв и модифицированного автором [4]. Содержание хлорофилла в экстрактах определялось трихроматическим методом [7]. Расчет содержания каротиноидов выполнялся по уравнению Парсонса-Стрикланда [2], а содержание феофитина – по формуле Лоренцена [7]. Содержание органического углерода в донных отложениях определялось по методу Тюрина [9]. При анализе взаимосвязи пигментных показателей донных отложений с гидрохимическими параметрами экосистемы реки использовались материалы Харьковского областного центра Госкомгидромета. Результаты экспериментальных исследований анализировали с помощью методов математической статистики [11], в том числе корреляционного и дисперсионного анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Донные отложения исследованного участка Северского Донца существенно отличаются по гранулометрическому составу, изменяясь от промытых песков до песчанистых илов (табл. 1). Отличаются они и по содержанию фотосинтетических пигментов. Наиболее высокие концентрации растительных пигментов отмечены в створе ниже г. Чугуев, донные отложения в котором представлены песчанистыми илами. Более высокое содержание фотосинтетических пигментов в илах по сравнению с песчанистыми донными отложениями отмечалось ранее в работе [16].

Как видно из данных, представленных в табл. 1, пигментный фонд дна Северского Донца возрастает в пунктах, расположенных ниже населенных

пунктов по течению реки, что связано, по-видимому, с поступлением в водоток биогенных элементов и возрастанием трофности вод.

Дисперсионный анализ результатов исследований показал, что отмеченные различия в содержании фотосинтетических пигментов между створами выше и ниже городов статистически достоверны ($F_{0,05}$=4,30; $F_{0,01}$=7,94; $F_{факт.}$=9,51). Аналогичное возрастание содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях вблизи населенных пунктов наблюдалось также на Чебоксарском водохранилище [16]. Приведенные материалы характеризуют диагностическую значимость показателей пигментного фонда дна для характеристики экологического состояния водных объектов.

Таблица 1 – Содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях р. Уды и Северского Донца (1998–2000 гг.)

Пункт отбора проб	Тип донных отложений	Содержание		
		хлорофилла *a*, мкг/г	каротиноидов, мк*SPU*/г	феофитина, мкг/г
р. Уди, пгт. Эсхар	Пески сильно заиленные	3,9-12,5 8,0±4,3	3,6-11,7 7,0±4,2	2,0-10,0 5,3±4,2
Выше г. Чугуев	Промытый песок	1,8-9,8 5,8±3,3	1,1-6,4 3,5±2,2	0,5-2,3 1,6±0,81
Ниже г. Чугуев	Илы песчанистые	28,7-62,4 45,6±15,8	21,6-47,7 32,8±12,7	18,9-28,9 23,0±4,9
Выше г. Змиёв	Средне заиленные пески	6,2-12,1 8,7±2,7	4,4-9,2 6,4±1,7	1,2-18,9 3,6±1,8
Ниже г. Змиёв	Сильно заиленные пески	11,5-48,8 24,0±16,8	7,6-33,9 15,7±12,2	5,0-18,9 9,7±6,4
Выше г. Изюм	Промытый песок	3,8-9,1 5,6±2,5	3,7-8,3 6,0±2,0	0,9-1,9 1,2±0,5
Ниже г. Изюм	Промытый песок	5,0-9,0 6,6±1,8	4,9-9,2 7,1±2,5	1,4-4,0 2,1±1,3

Примечание: в числителе минимальные и максимальные значения, в знаменатели – средние.

Исследования динамики содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях Северского Донца и пигментного индекса (E_{480}/E_{665}) показали, что указанные параметры существенно изменяются на протяжении вегетационного сезона, постепенно возрастая от мая к августу, однако общая тенденция возрастания величины пигментного фонда донных отложений в створах, расположенных ниже населенных пунктов, сохраняется. Исключение составляют случаи, когда в водоток поступают в высоких концентрациях токсические вещества, как это имело место, например, в мае

2000 г. в створе ниже Изюма. В этот период наблюдалось также снижение потенциальной самоочищающей способности воды в указанном пункте [6], что свидетельствует о неблагоприятной экологической ситуации в целом. Интересно отметить, что аналогичные закономерности изменения содержания фотосинтетических пигментов под влиянием загрязняющих веществ, поступающих от населенных пунктов, выявлены и для фитопланктона [10].

Установлено, что величина пигментного фонда дна Северского Донца зависит от гидрологических параметров водотока. Так, с возрастанием расходов воды от Змиёва до Изюма в 1,3 раза, содержание хлорофилла *a* в донных отложениях реки снижается в 1,5 раза, что свидетельствует об обратной зависимости между указанными параметрами. Между концентрацией хлорофилла *a* и содержанием в донных отложениях органического углерода, напротив, наблюдается прямая зависимость (r=0,60).

Общеизвестно, что между водой и донными отложениями водных объектов существует постоянный обмен химическими соединениями, что не может не оказывать определенного влияния на развитие микрофитобентоса. Кроме того, фотосинтетические пигменты попадают в донные отложения из воды при отмирании планктонных водорослей. Неудивительно поэтому, что между показателями пигментного фонда донных отложений Северского Донца и химическими параметрами водной среды существуют определенные взаимосвязи. Так, например, наблюдается обратная связь между содержанием в воде кислорода и концентрацией феофитина в донных отложениях, особенно наглядно эта связь проявляется осенью. Коэффициент корреляции между указанными показателями в разные годы составлял -0,465 – -0,723. В тоже время, между концентрацией нитритов в воде и содержанием данного пигмента в донных отложениях отмечена прямая зависимость (в разные годы коэффициент корреляции изменялся от 0,638 до 0,896). Таким образом, при неблагоприятных условиях функционирования альгофлоры в донных отложениях реки возрастает концентрация феофитина – продукта распада хлорофилла.

Достаточно тесная связь отмечена в весенний период между содержанием хлорофилла *a* в донных отложениях Северского Донца и концентрацией в воде взвешенных веществ. Коэффициент корреляции между этими параметрами составлял в разные годы 0,804–0,995. Вероятно, весной значительная часть фотосинтетических пигментов поступает на дно в связи с

оседанием фитопланктона. В осенний период данная закономерность не наблюдалась.

Установлено, что под влиянием загрязняющих веществ, поступающих в Северский Донец от населенных пунктов, изменяется не только общее содержание пигментов донных отложений, но и их соотношение. Так, например, содержание феофитина, в створе до Чугуева составляло в среднем 22,1 % от суммы феофитина и хлорофилла в донных отложениях, а после города – 34,5 %, что указывает на ухудшение экологических условий в реке ниже города.

Представленные материалы свидетельствуют о том, что характеристики содержания фотосинтетических пигментов в донных отложениях достаточно информативны и могут быть использованы для выявления зон нарушения экологических условий в реке. Определение пигментного фонда компонентов экосистемы Северского Донца имеет особое значение в связи с реализацией Национальной программы экологического оздоровления данного водотока. В перспективе – продолжение исследований по экодиагностике состояния вод Северного Донца.

ВЫВОДЫ

1. Величина пигментного фонда дна Северского Донца (в границах Харьковской области) колеблется в достаточно широких пределах в зависимости от гидрологических условий, типа донных отложений и уровня загрязненности реки.
2. Под влиянием загрязняющих веществ, поступающих в реку от населенных пунктов, содержание фотосинтетических пигментов в донных отложениях водотока, как правило, возрастает. Исключение составляют случаи высокого загрязнения реки токсическими веществами, сопровождающиеся снижением концентрации растительных пигментов в донных отложениях.
3. Анализ результатов выполненных исследований и обобщение литературных данных позволяет рекомендовать использование пигментных характеристик донных отложений в целях индикации экологического состояния водных объектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Анцупова Л.В. Пигменты донных отложений северо-западной части Черного моря // Экологические проблемы Черного моря. – Одесса: ОЦНТЭИ, 1999. – С. 54–57.*
2. *Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: Наука, 1983. – 150 с.*
3. *Верниченко-Цветков Д.Ю. Еколого-біохімічна характеристика стану донних відкладів Прип'яті та її приток // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Зб. наук. пр. – К : ВГЛ"Обрії", 2006. – Т9. – С. 163–172.*
4. *Верниченко-Цветков Д.Ю. Методика визначення вмісту пігментів водоростей у донних відкладеннях // Вісник ХІСП Екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес: Наук. зб. / Матер. 2-ї міжнар. науково-практ. конф. „Екологічна та техногенна безпека". – Харків, 26 – 27 квітня 2002 р. – Харків, 2002. – Вип. 1(2). – С. 13–21.*
5. *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.*
6. *Верниченко-Цветков Д.Ю. Потенциальная способность поверхностных вод к самоочищенню // Естественные и технические науки. – 2006, №1. – С. 106–108.*
7. *ГОСТ 17.1.04.02-90 Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а . – М.: Гос. ком.СССР по охране природы, 1990. – 15 с.*
8. *Дмитриева Е.А., Верниченко–Цветков Д.Ю., Шевченко Т.В. Комплексная оценка экологического состояния вод приплотинного участка Кременчугского водохранилища // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006, № 3. – С. 45–53.*
9. *ДСТУ 4289:2004 Якість грунту. Методи визначення органічної речовини.-К.: Держпоживстандарт України, 2005. – 9 с.*
10. *Курейшевич А.В. Связь между величиной $БПК_5$ и содержанием хлорофилла а в планктоне водохранилищ днепровского каскада // Гидробиол. журн. – 1995. – Т. 31, № 3. – С. 67–76.*
11. *Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие / 4-ое изд. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.*

12. *Сигарева Л.Е., Ляшенко О.А. Значимость пигментных характеристик фитопланктона при оценке качества воды // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 4. – С. 475–480.*
13. *Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А. Некоторые подходы к использованию свойств литоральных отложений для изучения продуктивности микрофитобентоса // Биология внутренних вод, 2004, № 3. – С. 52–59.*
14. *Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А. О соотношении растительных пигментов в донных отложениях водохранилищ с первичной продукцией и рыбопродуктивностью // Тез. док. III-ей международ. конф. "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов европейского Севера".– Сыктывкар, 11 – 15 февраля 2003 г. – Сыктывкар, 2003. – С. 80.*
15. *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.*
16. *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.*
17. *Сигарева Л.Е., Тимофеева Н.А. Изучение связи содержания растительных пигментов в донных отложениях с показателями трофического состояния Горьковского водохранилища // Водные ресурсы. – 2001. – Т. 28, № 6. – С. 332–336.*
18. *Сиренко Л.А. Информационное значение хлорофиллного показателя // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 4. – С. 49–53.*
19. *Сіверський Донець: Водний та екологічний атлас / Васенко О.Г., Грищенко А.В., Карабаш Г.О. та ін. – Харків: ВД „Райдер", 2006. – 188 с.*
20. *Тимофеева Н.А., Сигарева Л.Е. Взаимосвязи концентраций растительных пигментов с азотом и фосфором в донных отложениях водохранилищ // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 3. – С. 332–336.*

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN THE SEDIMENTS OF SEVERSKY DONETS (in the Charkiv region)

D.Ju. Vernichenko-Tsvetkov

In this article describes the result of field works research of photosynthetic pigments contain in the of Seversky Donets sediments (in the Charkiv region), what was carried out in 1998-2000 years. Influence of the wastes, what come to river from inhabited areas, on the fund of the pigments in the sediments, is shown. High informative of the indicators of the content of photosynthetic pigments in the sediments is established and the expediencies their use for the diagnosis of the state water ecosystems is substantiated.

УДК 504.4.054.001.5:556.53

Верниченко-Цветков Д.Ю. Фотосинтетичні пігменти в донних відкладеннях Сіверського Дінця (в межах Харківської області) // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – Вип. 13, № 1. – С. 52–60.

У статті наведено результати експедиційних досліджень вмісту фотосинтетичних пігментів у донних відкладах Сіверського Дінця (в межах Харківської області), які були виконані в 1998-2000р.р. Показаний вплив стічних вод, що надходять від населених пунктів, на пігментний фонд донних відкладень ріки. Встановлена висока інформативність показників вмісту фотосинтетичних пігментів у донних відкладеннях та обґрунтована доцільність їх використання в цілях екодиагностики стану водних екосистем. Бібл. 20. Рис.1.