



УДК 574.583

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА УСТЬЕВОГО УЧАСТКА РЕКИ ОКИ (ПО ДАННЫМ 2020-2021 ГГ.)

Воденеева Екатерина Леонидовна, доцент, к.б.н. доцент кафедры ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ; м.н.с. Нижегородского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («НижегородНИРО»)

Шарагина Екатерина Михайловна, ведущий инженеркафедры ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ

Кулизин Павел Владимирович, аспирант кафедры ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ

Охапкин Александр Геннадьевич, профессор, д.б.н., заведующий кафедрой ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ

ФГАОУ ВО Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Нижегородский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»

603116, г. Нижний Новгород, Московское шоссе, д. 31

Работа выполнена при поддержке Русского географического общества в рамках гранта «Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна» (договор № 17/2021-Р).

Аннотация. По результатам исследования в 2020-2021 гг. дана оценка современного состояния фитопланктонного сообщества устьевого участка р.Оки. Проанализированы флористический состав, степень развития альгоценозов, определены доминирующие комплексы фитопланктона. Установлен современный трофический статус водотока, оценено экологическое состояние р.Оки по системе сапробных организмов и функциональным группам фитопланктона.

Ключевые слова: фитопланктон, массовые виды, биомасса, р.Ока, эвтрофирование, экологическое состояние, сапробность, функциональные группы.

Введение

Река Ока – второй по величине русла и объему стока приток р.Волги; ее длина составляет 1500км, площадь водосбора – 245 тыс. км². Сток окских вод формируется в

густонаселенном регионе Центральной России, испытывает сильное антропогенное воздействие в результате урбанизации территории водосбора, развития промышленности, а также сельскохозяйственного использования земель. Воды Оки высоко минерализованы, относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, характеризуются высоким содержанием сульфатов, концентрация которых в межень в 4-6 раз выше, чем в Волге [1]. По результатам гидрохимического анализа в нижнем течении р.Оки характеризуется как «грязная» (4 класс, разряд «а»), характерные загрязняющие вещества – соединения меди, азот нитритный и аммонийный, трудно- и легкоокисляемые органические вещества [2]. Балльная оценка степени загрязненности воды в бассейне р.Оки в Нижегородской области находится в диапазоне 4.90-6.06 (состояние территории оценивается как критическое), уровень гидроэкологического риска соответствует высокому [3]. Наиболее заметным антропогенное влияние становится в устьевом участке реки: только в районе г. Нижнего Новгорода объем сточных вод может составлять 203-224 млн м³/год [4].

При оценке экологического состояния водных экосистем наряду с гидрохимическими параметрами широко используются и гидробиологические показатели, среди которых особая роль отводится структурным характеристикам фитопланктона. Фитопланктон, являясь основным продуцентом органического вещества в водоемах, благодаря высокой скорости роста и короткому жизненному циклу, способен быстро реагировать на любые изменения окружающей среды и служит надежным критерием при оценке ее качества.

Цель работы – оценить по структурным показателям фитопланктона степень эвтрофирования и экологическое состояние устьевого участка р.Оки в современный период.

Материалы и методы

Материалом для настоящей работы послужили пробы фитопланктона, отобранные в устье р.Оки в ходе экспедиций Плавучего университета Волжского бассейна (под руководством РГО), в августе 2020 г. и июле 2021 г., а также сборы, выполненные в данном участке реки в 2020г. в весенний и осенний сезоны. При отборе и обработке проб руководствовались общепринятыми в гидробиологии методами и подходами [5], которые были подробно описаны ранее [6, 7]. Для анализа также использовали архивные и литературные данные. Трофический статус водотоков определяли по значениям биомассы фитопланктона, используя классификацию И.С. Трифионовой [8]. Для оценки качества воды использовали индексы сапробности [9, 10, 11], а также индекс сообществ Q [12], рассчитанный на основании функциональной классификации фитопланктона [13, 14, 15].

Результаты и их обсуждение

Исследования альгоценозов нижнего участка р.Оки проводятся с начала двадцатого столетия и отражены в ряде работ [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. В результате этих исследований выявлен богатый состав альгофлоры реки, который включает 648 видовых и внутривидовых таксонов водорослей из 8 отделов с преобладанием зеленых (включая харовых) – 45 % общего списка, диатомовых (26,2%), эвгленовых (9%) и синезеленых (8,3%). Доля других отделов во флористическом спектре была незначительной, составляя от 1 до 6% общего числа видов [24]. В период незначительного антропогенного воздействия на экосистему реки (20-е годы прошлого века) основной фон фитопланктона создавали олигомезотрофные диатомеи родов *Melosira* (в настоящее время большинство видов относится к роду *Aulacoseira*), *Fragilaria*, *Asterionella*, *Diatoma*, а общая численность планктонных водорослей не превышала в среднем за вегетационный период 2,5 млнкл./л. В более поздние сроки [18], особенно после введения в эксплуатацию Чебоксарского водохранилища (1980-1990-х гг.), отмечалось возрастание видового богатства окских альгоценозов, показателей их количественного развития, происходило усиление роли в ценозах эвтрофного хлорококково-диатомового комплекса [25, 22, 23] и

мелкоклеточных цианобактерий [21]. Основные доминанты, которые отмечались в водах р.Оки – центрические диатомовые водоросли (более 40 таксонов видового и внутривидового ранга) из родов *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Discostella*, *Cyclostephanos Aulacoseira* [26, 27].

В первое десятилетие 21 века отмечались заметные изменения основных факторов, определяющих состав и показатели структурной организации альгоценозов р. Оки: трансформация гидродинамических условий, существенный рост минерализации водных масс, а также содержания сульфатов и щелочно-земельных металлов [4]. Это привело к перестройкам в сообществах фитопланктона, появлению и постепенному усилению ценотического значения солоновато-водного комплекса видов центрических диатомей (виды родов *Thalassiosira*, *Skeletonema*, *Actinocyclus*), часть из которых вошли в комплекс доминантов альгоценозов реки, особенно *Thalassiosira incerta* [28].

По данным наблюдения 2020-2021 годов таксономическое разнообразие фитопланктона р. Оки было представлено 112 таксонами водорослей рангом ниже рода. Флористический спектр, как и ранее, определяли зеленые (45%), диатомовые (29%) и синезеленые (12%) водоросли. Ядро часто встречающихся видов и доминирующих форм фитопланктона создавали водоросли, обычные для Оки и других эвтрофных водотоков. Удельное видовое богатство (число видов в пробе) варьировало от 37 до 53 (см. Таблицу).

Таблица

Некоторые структурные показатели фитопланктона в устьевом участке р. Оки в период исследования

Показатели	Год исследования			
	2020			2021
	поздняя весна	лето	осень	лето
Удельное видовое богатство	37	46	53	46
Численность, млнкл./л	16.98	38.07	73.98	91.95
Биомасса, г/м ³	8.19	28.64	45.25	59.19
Уровень трофии по биомассе	эвтрофный	гипертрофный	гипертрофный	гипертрофный
Доминирующие виды (по биомассе)	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	<i>Cyclotellameneghiniana</i> Kütz, <i>S.hantzschii</i>	<i>C.meneghiniana</i> , <i>S.hantzschii</i>	<i>C.meneghiniana</i> <i>Aulacoseira granulate</i> (Ehrenb.) Simonsen
Доминирующие функциональные группы	C, D	C, D	C, D	C, P
S _N *	2.21	2.17	2.40	2.28
S _B *	2.25	2.53	2.63	2.47
класс качества по S _b	III класс – умеренно загрязненная	IV класс – грязные	IV класс – грязные	III класс – умеренно загрязненная
Q	3.87	3.74	3.91	4,56
класс качества воды по индексу Q	хорошее	хорошее	хорошее	высокое

*S_Nи S_B – индексы сапробности, рассчитанные по численности и биомассе фитопланктона соответственно.

Развитие фитопланктона в р. Оке в период исследования, как и в предыдущие годы, было высоким, соответствуя уровню эвтрофно-гипертрофных вод. Численность фитопланктона варьировала от 16.98 до 131.64 млнкл./л, биомасса – от 8.19 до 62.55 г/м³, тогда как на станциях, расположенных на р. Волге выше и ниже устья Оки, показатели развития могли снижаться до 6 раз [2].

По числу клеток, как правило, доминировали представители трех отделов – зеленые, диатомовые и синезеленые водоросли (мелкоклеточные колониальные цианопрокариоты (до 28-78% общей численности), в основном представители рода *Aphanocapsa*). Основной фон окских альгоценозов по биомассе создавали центрические диатомеи (до 88-90% суммарных показателей), весной – при сопутствии зеленых хлорококковых (до 8% по биомассе). В группе структурообразующих видов наибольшая частота встречаемости и доминирования отмечалась у представителей, характерных для высокотрофных и высокосапробных вод: *Stephanodiscus hantzschii* (функциональная группа **D**)– до 26 г/м³, *Cyclotella meneghiniana* (кодон **C**)– до 16 г/м³, *Aulacoseira granulata* (кодон **P**) – до 46г/м³.

Индексы сапробности хорошо отражали степень органического загрязнения водных масс и характеризовали данный участок Оки в весенний сезон как β-мезосапробный с III классом качества воды –умеренно загрязненная, а летом и в начале осени – как β-α мезосапробный с III-IV классом качества воды –умеренно загрязненная – грязная. Индекс сообщества Q, рассчитанный на основе функциональной классификации фитопланктона, демонстрировал более благоприятные условия существования водорослей, варьируя от 3.74 до 4.56. Качество воды по этому показателю в целом оценивалось как «хорошее». В комплексе доминант преобладали кодоны, которые включали виды, предпочитающие эвтрофные (**C**) и высокоэвтрофные (**P**) водоемы и водотоки повышенной мутностью (кодон **D**).

Заключение

Таким образом, альгофлору р. Оки можно охарактеризовать как зелено-диатомовую с высокой долей синезеленых водорослей. Состав руководящих видов, как и в предыдущие годы исследований, определяли центрические диатомеи – индикаторы эвтрофирования и органического загрязнения вод. Трофический статус водотока в современный период – устойчиво эвтрофно-гипертрофный. Качество воды по индексу сапробности оценивалось III-IV классом – умеренно загрязненная – грязная. Среди функциональных групп фитопланктона преобладали представители, предпочитающие водоемы высокого трофического статуса.

Список литературы:

1. Охапкин А.Г., Шарагина Е.М., Бондарев О.О. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища на современном этапе его существования // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 2. – С. 190-199.
2. Логинов В.В., Минина Л.М., Кривдина Т.В., Воденеева Е.Л., Лаврова Т.В., Мушаков Д.В. Оценка трофности устьевого участка Оки на основании современных абиотических и биотических показателей водных масс // Norwegian journal of development of the international science. – 2021. – № 54. – С. 13-27.
3. Решетняк О.С., Никаноров А.М., Трофимчук М.М., Гришанова Ю.С. Оценка гидроэкологического риска в бассейне реки Ока // Водаиэкология. – 2017. – № 3 (71). – С. 159-171.
4. Охапкин А.Г., Андриянова Н.В., Максимова В.А., Шарагина Е.М., Воденеева Е.Л. Динамика гидрохимического состава вод нижнего течения р.Оки // Вода: химия и экология. – 2015.– № 5. – С. 15-21.
5. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов.– М.: Наука, 1975. – 240 с.
6. Воденеева Е.Л., Коломина К.Е., Шарагина Е.М., Кулизин П.В., Охапкин А.Г. Оценка качества воды некоторых правобережных притоков р. Волги (бассейн Чебоксарского водохранилища) с использованием функциональной классификации фитопланктона // Гидробиол. журн. — 2019. — Т. 55, № 6. — С.56-70.
7. Воденеева Е.Л., Кулизин П.В. Водоросли Мордовского заповедника (аннотированный список видов). – М.: Изд-во: Объединенная дирекция Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича и национального парка «Смольный», 2019. – 62 с. [Флора и фауна заповедников. Вып. 134].

8. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озёрного фитопланктона. – Л., 1990. – 184 с.
9. Унифицированные методы исследования качества вод. Атлас сапробных организмов. – М., 1977. – 227 с.
10. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М., 1975. – 176 с.
11. Экологический мониторинг. Методы биомониторинга. // Часть 1. Уч. пособие/ подред. Гелашвили Д.Б. // Н.Новгород, 1995.
12. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. 2-е изд., испр. Минск: Беларуская навука, 2011. – 329 с.
13. Borics G, Várbiro G, Grigorszky I, Krasznai E, Szabó S, Kiss K. A new evaluation technique of potamoplankton for the assessment of the ecological status of rivers // Arch. Hydrobiol. Suppl. 2007.– 161 (3-4). – P. 465-486. DOI:10.1127/Ir/17/2007/466.
14. Padisák, J., Crossetti L. & Naselli-Flores Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates / J. Padisák, L. O. // Hydrobiologia, 2009. – Vol. 621. – P. 1-19. DOI: 10.1007/s10750-008-9645-0.
15. Reynolds C. S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L. & Melo S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton // Journal of Plankton Research, 2002. – Vol. 24. – № 5. – P. 417–428.
16. Павлинова Р.М. Биологическое обследование р. Волги в районе от г. Городца до Собчинского затона в 1926 и 1927 гг. // Тр. Ин-та сооруж. Центр. комит. водохранения. М.: Гос. тех. изд-во, 1930. – Вып. 11. – С. 3–164.
17. Коршиков А.А. Материалы к познанию водорослей Горьковской области. Фитопланктон р. Оки в августе 1932 г. // Ученые записки Горьковского университета. – 1939. – Вып. 9. – С. 101–127.
18. Есырева В.И. Фитопланктон р. Оки // Волга – 1. Первая конференция по изучению водоемов бассейна Волги. Тезисы докл. – Тольятти. – 1968. – С. 85–86.
19. Есырева В.И., Юлова Г.А. Влияние р. Оки на распределение фитопланктона р. Волги // Биол. основы повышения продуктивности и охраны лесных, луговых и водных фитоценозов Горьковского Поволжья. Сборник статей. – Горький: ГГУ – 1974. – Вып. 2. – С. 90–96.
20. Охупкин А.Г. Фитопланктон Оки в 1978 г. Биол. внутр. вод. Информ. бюл. ИБВВАН СССР. – 198. – № 49. – С. 11-15.
21. Воденеева Е.Л. Состояние фитопланктонного сообщества устьевого участка Оки в 1997-1998 гг. // Биосистемы: Структура и регуляция: Сб. работ молодых ученых биологического факультета ННГУ. Под ред. Г.А. Ануфриева. – Н. Новгород: ННГУ. – 2000. – С. 58–63.
22. Охупкин А.Г., Горохова О.Г., Генкал С.И., Паутова В.Н. К альгофлоре нижнего течения реки Ока // Бот. журнал. – 2010. – Т. 95. – № 10. – С. 62–76.
23. Паутова В.Н., Охупкин А.Г., Горохова О.Г., Генкал С.И., Номоконова В.И. Состав и динамика обилия массовых видов фитопланктона низовьев р. Ока в конце XX столетия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 3. – С. 177–184.
24. Okhapkin A.G., Genkal S.I., Sharagina E.M., Vodeneeva E.L. Structure and dynamics of phytoplankton in the Oka river mouth at the beginning of the 21st century // Inland Water Biology. – 2014. – Vol. 7. – № 4. – P. 357-365.
25. Охупкин А.Г. Видовой состав фитопланктона как показатель условий существования в водотоках разного типа // Ботан. журн. – 1998. – Т. 83. – № 9. – С. 1–13.
26. Генкал С.И., Ярмошенко Л.П., Охупкин А.Г. Первые находки морского вида *Cyclotella marina* (Bacillariophyta) в пресноводных водоемах Европы // Альгология. – 2012. – Т. 22. – № 4. С. – 431–440.
27. Генкал С.И., Охупкин А.Г. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) нижнего течения р. Оки (Российская Федерация) // Гидробиологический журнал. – 2013. – Т. 49. – № 1. – С. 44–61.

28. Okhapkin A.G., Genkal S.I., Vodeneeva E.L., Sharagina E.N., Bondarev O.O. To ecology and morphology of *Thalassiosira incerta* Makarova (Bacillariophyta) // *Inland Water Biology*. 2016. – Vol. 9. – № 2. – P. 126-134.

CURRENT STATE OF THE PHYTOPLANKTON COMMUNITY OF THE MOUTH OF THE OKA RIVER (ACCORDING TO 2020-2021)

Ekaterina L. Vodeneeva, Ekaterina M. Sharagina, Pavel V. Kulizin, Alexander G. Okhapkin

Annotation. During the present research, an assessment of the current state of the phytoplankton community in the mouth of the river Oka was made according to the results in 2020-2021. The authors analyzed the floristic composition, the degree of algocoenosis abundance, the composition of the dominant phytoplankton complexes. The current trophic status of the watercourse was rated. The ecological state of the river Oka was evaluated with the help of the system of saprobic organisms and functional groups of phytoplankton.

Key words: phytoplankton, dominant species, biomass, river Oka, eutrophication, ecological state, saprobity, functional groups of phytoplankton.