



УДК 574.58

**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»)

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

**Шарагина Екатерина Михайловна**, ведущий инженер 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 Плавучий университет Волжского бассейна» (договор № 02/2019-Р).*

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА НЕКОТОРЫХ ПРИТОКОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*Ключевые слова:* Чебоксарское водохранилище, притоки, фитопланктон, доминирующие виды, функциональные классификация фитопланктона, экологическое состояние

*Аннотация.* Проанализированы некоторые показатели структуры фитопланктона крупных волжских притоков – реки Сура и Ветлуга: таксономический состав, показатели количественного развития, комплекс ценозообразующих видов. Установлен современный трофический статус водотоков, оценено экологическое состояние их вод по фитопланктону.

Изучение растительного планктона Средней Волги продолжается уже на протяжении нескольких десятков лет, начиная с момента до зарегулирования данного участка реки и на этапе образования последнего в волжском каскаде Чебоксарского водохранилища. Это позволило определить основные закономерности функционирования альгоценозов в условиях зарегулирования и загрязнения водотока [1], а также зарегистрировать начальные этапы процессов экспансии в водохранилище инвазивных видов водорослей [2, 3, 4, 5]. Изучение последствий изменений стока р. Волги неотделимо от исследования ее притоков, которые в заметной степени определяют ее гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режим.

Цель работы — определить основные черты организации фитопланктонного сообщества рек Ветлуги и Суры в современный период и дать оценку их экологического состояния.

Для работы был проанализирован альгологический материал, собранный с р. Суры в 2018 г. (в низовье реки и устьевом участке) и с р. Ветлуги – в 2014, 2016 г. (среднее течение (Воскресенский район)) и 2019 г. (устьевой участок). Отбор и обработка проб осуществлялись общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами [6]. Трофический статус водотоков определяли по значениям биомассы фитопланктона, используя классификацию И. С. Трифионовой [7]. Оценка качества воды водотоков проводилась по значениям индекса сапробности [8, 9, 10], а также с использованием функциональной классификации фитопланктона [11, 12, 13] и индекса сообществ Q [14]. Функциональная классификация фитопланктона разработана на основании физиологических, морфологических и экологических признаков видов, сходных по толерантности к определенному фактору или группе факторов и способных преобладать в определенном водоеме.

Согласно литературным данным и результатам собственных наблюдений таксономическое разнообразие альгофлоры в р. Суре было представлено 291 таксоном водорослей рангом ниже рода, в р. Ветлуге – 531. Распределение ведущих отделов водорослей было схожим во все периоды исследования и характеризовалось преобладанием зеленых (57-42% общего таксономического разнообразия соответственно) и диатомовых (14-30%) водорослей. Значительная доля видового богатства также принадлежала отделам *Euglenophyta* (10% и 13%) и *Cyanophyta* (по 7%). Менее значимыми по вкладу в общее видовое богатство были отделы *Chrysophyta*, *Dinophyta*, *Xanthophyta*, *Cryptophyta*. В сурских водах родовой спектр альгофлоры определяли зеленые хлорококковые: *Scenedesmus*, *Lagerchemia*, *Tetraedron*, *Pediastrum*, в р. Ветлуге – *Scenedesmus*, *Trachelomonas*, *Navicula*.

Численность и биомасса в нижнем течении р.Суры составляли  $3.89 \pm 1.14$  млн кл./л и  $0.99 \pm 0.43$  г/м<sup>3</sup>; в устьевом участке –  $4.53 \pm 1.07$  млн кл./л и  $1.12 \pm 0.59$  г/м<sup>3</sup> соответственно, трофический статус оценивался как слабomezотрофный. Как показали данные предыдущих лет исследований [1], средняя за вегетационный период биомасса фитопланктона в этом водотоке могла достигать до 9.27 г/м<sup>3</sup>, на подъемах – до 30-40 г/м<sup>3</sup> (в участках, характеризующихся замедленным течением: заливы и т.д.). Показатели биомассы водорослей в течение вегетационного периода, как правило, варьировали в пределах мезотрофного – эвтрофного уровня. На современном этапе существования Чебоксарского водохранилища в сурских альгоценозах доминантами по численности по-прежнему выступали зеленые хлорококковые водоросли (до 37-58% суммарных показателей). В роли структурообразующих видов по биомассе в низовьях Суры наряду с характерным для периода незарегулированной Волги эвтрофным комплексом диатомовых водорослей (виды родов *Stephanodiscus* и *Cyclotella*), отмечались разные представители фитофлагеллят (до 40-50% суммарных показателей биомассы) – зеленые вольвоксовые (*Chlamydomonas* sp., *Pandorina morum* (O. Müll.) Borg), криптофитовые (виды рода *Cryptomonas*) и динофитовые. В устьевой зоне реки отмечена четко выраженная перестройка в сообществах фитопланктона с диатомово-фитофлагеллятных сурских альгоценозов на волжские ценоотические комплексы с преобладанием диатомовых (*Fragilaria* sp, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère in Jahn, *Melosira varians* Ag.) и цианобактерий (*Dolichospermum planctonicum* (Brunnth.)Wacklin et al.)

В группе доминирующих видов также отмечено присутствие инвазийного вида *Perediniopsis kevei* Grig. & Vasas (динофитовые), что свидетельствует о процессах экспансии в реке, уже отмеченных для волжского бассейна. Биомасса данного вида изменялась от 0.01 (1.6% от общей биомассы) до 0.29 (43,6%) г/м<sup>3</sup>. Абсолютные и относительные показатели развития *P.kevei*, его размерные характеристики в сурских водах оказались выше в сравнении с таковыми, отмеченными в левобережных волжских притоках.

В среднем течении р. Ветлуги средневегетационные значения биомассы фитопланктона варьировали в разные годы от  $1.04 \pm 0.18$  (в 2016 г.) до  $1.51 \pm 0.42$  г/м<sup>3</sup> (в 2014 г.), имея максимальные значения (4.38 г/м<sup>3</sup>) в 2014 г. Фитопланктон исследуемого водотока, как и ранее [1], характеризовался преобладанием диатомовых (72-75% средневегетационной биомассы) и зеленых (8.9-9%), а в летний сезон — также синезеленых водорослей (до 63%). Сезонная динамика показателей развития описывалась многовершинной кривой, трофический статус водотока оценивался как устойчиво мезотрофный. Комплекс доминирующих по биомассе видов в летний сезон формировали центрические диатомеи (*Aulacoseira subarctica* (O. Mull.) Haworth, *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., виды рода *Stephanodiscus*), цианобактерии (виды рода *Dolichospermum*) и в отдельные годы – динофлагелляты (*Gymnodinium* sp., *P. kevei*). Весной и осенью заметны пеннатные диатомовые и золотистые водоросли.

В устьевом участке р. Ветлуги численность и биомасса растительного планктона варьировали от 6.88 до 19.33 млн кл./л и от 2.06 до 4.53 г/м<sup>3</sup>, основу биомассы (44-64%) альгоценозов формировали центрические диатомовые водоросли (*A. subarctica*, *A. granulata*). По мере приближения к месту смешения ветлужских и волжских водных масс отмечалось возрастание (в 2 и более раз) общих показателей развития водорослей, а также доли цианопрокариот в сложении суммарной численности (с 10 до 57%) и доли криптонад в формировании биомассы (с 2 до 21%), при этом господствующее положение диатомей сохранялось.

Как и в сурских водах, в р. Ветлуге отмечено активное протекание процессов экспансии видов-вселенцев, представленных здесь более разнообразно: *P. kevei* (динофитовые), *Plagiotropis lepidoptera* (W.Gregory) Kuntze и *Skeletonema subsalsum* (A. Cl.) Bethge (диатомовые). Ценозообразующая роль этих видов более заметной оказалась в среднем участке реки. Сведения о распространении *P. kevei* и *S. subsalsum* в водохранилищах Волги приводятся в литературе с середины XX в., данные о развитии *P. lepidoptera* представляют собой первые находки представителя бентосных инвазийных видов в водоемах бассейна р. Волги [4].

В обеих изученных реках в течение всех периодов исследования, индексы сапробности, рассчитанные по численности и биомассе фитопланктона и оценивающие органическое загрязнение водотоков, изменялись преимущественно в диапазоне только III класса качества вод (умеренно загрязненные).

Согласно функциональной классификации в р. Суре выделено 18 функциональных групп фитопланктона, из которых доминирующими были группы **G** (*P. morum*), **L<sub>0</sub>** (динофлагелляты), **Y** (крупные криптонады), представители которых предпочитают условия стагнации водной толщи, богатой питательными веществами, формирующихся, например, при зарегулировании речного стока. При смешении сурских и волжских масс в числе доминирующих функциональных групп появлялись кодоны **H<sub>1</sub>** (цианобактерии, предпочитающие эвтрофные, мелководные участки) и представители эвтрофного комплекса диатомей из кодонов **P**, **D**, а также бентосных диатомей из кодона **T<sub>b</sub>**.

В р. Ветлуге весной вегетировали диатомовые водоросли из групп **T<sub>b</sub>** (*M. varians*, *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Navicula radiosa* Kütz.) и **D** (*U. ulna*) с сопутствием золотистых водорослей из группы **E** (*Dinobryon divergens* Imhof.). Более разнообразно функциональные группы в реке были представлены в летний сезон – помимо постоянно присутствующих представителей групп (**T<sub>b</sub>** и **D**), появлялись виды, свойственные эвтрофным водоемам из кодонов **P** (*A. granulata*), **H<sub>1</sub>** (*Dolichospermum* spp.) при участии динофитовых водорослей (кодоны **W<sub>2</sub>** – *Gymnodinium* spp., **L<sub>0</sub>** – *Peridinium* spp.). Осенние альгоценозы определялись развитием групп **T<sub>b</sub>** (*N. radiosa*, *Nitzschia* spp.), **D** (*U. ulna*, *Stephanodiscus hantzschii* Grun.), **B** и **P**. В устьевом участке р. Ветлуги в летний сезон 2019 г доминировали кодоны **P**, **B**, **L<sub>0</sub>** и **Y**.

Индекс сообщества Q, рассчитанный на основе функциональной классификации фитопланктона, в нижнем течении р. Суре варьировал от 1.85 («низкое» качество воды) до 3.01 («хорошее»), в устьевом участке – от 1.33 («низкое») до 2.35 («умеренное»). В

среднем течении р. Ветлуги средневегетационные значения индекса Q изменялись от  $3.05 \pm 0.23$  (2014 г.) до  $3.15 \pm 0.2$  (2016 г.), в устье реки (2019 г.) – от 2.7 до 3.73, качество вод оценивалось как «хорошее». В сезонном аспекте снижение величин индекса Q отмечалось в летний сезон за счет развития в качестве доминантов цианопрокариот (*Dolichospermum spiroides*, *D. affine*) (кодон H1) и динофлагеллят (*Gymnodinium* sp., *P. kevei*) (L0). Представители этих кодонов имеют низкие значения индивидуального фактора F (0-1), предпочитают слабопроточные водоемы и могут свидетельствовать об изменении истинных речных условий в водотоке.

Таким образом, в современный период исследования таксономический состав изучаемых волжских притоков характеризовался как зелено-диатомовый с высоким участием эвгленовых и синезеленых водорослей, что является типичным для большинства равнинных рек средней полосы. Степень развития растительного планктона в обоих водотоках соответствовала мезотрофному уровню, находясь в пределах межгодовых изменений. Присутствие в группе доминирующих видов инвазийных компонентов фитопланктона свидетельствует о процессах экспансии, что требует дальнейшего мониторинга оценки их влияния на состав альгоценозов. Применение различных методов оценки качества воды показало большую чувствительность функционального подхода и рассчитанного на его основе индекса сообщества Q. Данный показатель лучше продемонстрировал сезонные изменения в экологическом состоянии водотоков, оказался способен отразить воздействие общей суммы компонентов среды (не только органической), формирующей качество воды и может быть рекомендован наряду с имеющимися подходами к использованию в системе мониторинга водных экосистем.

#### Список литературы:

- [1] Охалкин А.Г. Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и её притоков): Дис... д-ра биол. наук. – СПб, 1997. – 280 с.
- [2] 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 21th century // *Inland Water Biology*, 2014. – Vol. 7. – № 4. – P. 357-365.
- [3] 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.
- [4] Охалкин А.Г., Генкал С.И., Воденеева Е.Л., Бондарев О.О., Кулизин П.В. Диатомовые водоросли морского-солончатого водоема в планктоне некоторых водоемов бассейна Средней Волги // *Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: сборник Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции (Севастополь, 19-24 сентября 2016 г.)*. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т.2. – С. 116-118.
- [5] Воденеева Е.Л., Кулизин П.В., Охалкин А.Г. О развитии инвазийного вида *Peridiniopsis kevei* Grigor.et Vasas (Dinophyta) в среднем течении р.Керженец (Нижегородская область) *Труды ГПБЗ «Керженский»*. – Н. Новгород, 2016. – Т. 8. – С. 68-75.
- [6] Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
- [7] Трифонова И.С. Экология и сукцессия озёрного фитопланктона. – Л., 1990. – 184 с.
- [8] Унифицированные методы исследования качества вод. Атлас сапробных организмов. – М., 1977. – 227 с.
- [9] Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М., 1975. – 176 с.
- [10] Экологический мониторинг. Методы биомониторинга. // Часть 1. Уч. пособие/ под ред. Гелашвили Д.Б. // Н.Новгород, 1995.
- [11] Borics G, Várbíró 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/lr/17/2007/466.

- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Семенченко В. П., Разлуцкий В. И. Экологическое качество поверхностных вод. 2-е изд., испр. Минск: Беларуская навука, 2011. – 329 с.

## **THE CURRENT STATE OF THE PHYTOPLANKTON OF SOME TRIBUTARIES OF THE CHEBOKSAR RESERVOIR**

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

*Key words: Cheboksary reservoir, tributaries, phytoplankton, dominant species, phytoplankton functional classification, ecological status*

*Some parameters of the phytoplankton community structure of large Volga tributaries (the Sura and Vetluga rivers) are analyzed: taxonomic composition, indicators of quantitative development, and a complex of cenosis-forming species. The current trophic status of watercourses is established and the ecological state of their waters is estimated.*

[vodeneeva@mail.ru](mailto:vodeneeva@mail.ru), 8-910-396-89-75