

## Сообщества фитопланктона водоемов лесостепной зоны в условиях техногенной нагрузки

### Phytoplankton communities of reservoirs of the forest-steppe zone under conditions of technogenic load

Анциферова Г. А.<sup>1</sup>, Русова Н. И.<sup>2</sup>

Antsiferova G. A.<sup>1</sup>, Rusova N. I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия. E-mail: g\_antsiferova@mail.ru

<sup>1</sup> Voronezh State University, Voronezh, Russia

<sup>2</sup> Военно-морской политехнический институт ВМПИ ВУНЦ «Военно-морская академия», г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: nadezhda\_minnikova@mail.ru

<sup>2</sup> Naval Polytechnic Institute VUNTs of the Navy «Naval Academy», St.-Petersburg, Russia

**Реферат.** На примере рек Осколец и Чуфичка, впадающих в р. Оскол, рассматривается фитопланктон малых рек лесостепной зоны Белгородской области, имеющих техногенное происхождение. Изучался таксономический и экологический состав сообществ микроводорослей и цианобактерий с целью определения эколого-биологического состояния поверхностных вод Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района Курской магнитной аномалии. Повсеместно в водах рассматриваемых водотоков наблюдаются виды цианобактерий, характерные для загрязненных местообитаний, а также виды, признанные как продуценты цианотоксинов. Среди них *Ostillatoria granulata* Gardner, *Ostillatoria guttalata* van Goor и *Ostillatoria putrida* Ag., *Ostillatoria splendida* Grev. Класс качества изученных вод определяется как III-й «удовлетворительной чистоты», и в ряде случаев – как II-й, то есть воды «чистые». Установлено, что процессы самоочищения вод протекают интенсивно. Однако определенное по индексу сапробности Пантле-Букка в модификации В. Сладечека качество вод в пределах III и II класса не свидетельствует об их экологическом благополучии, так как у ряда видов цианобактерий, и диатомовых водорослей наблюдаются тератологические изменения, которые выражаются в несколько «размытых» очертаниях их облика. Кроме того, в водах практически повсеместно наблюдается обилие минеральных частиц, связанных с редуцирующей деятельностью азот-бактерий.

**Ключевые слова.** Водные экосистемы, водохранилище, микроводоросли, поверхностные воды, фитопланктон, цианобактерии, экологическое состояние.

**Summary.** On the example of the rivers Oskolets and Chufichka, flowing into the river Oskol, the phytoplankton of small rivers of the forest-steppe zone of the Belgorod region, which are of technogenic origin, is considered. The taxonomic and ecological composition of communities of microalgae and cyanobacteria was studied in order to determine the ecological and biological state of surface waters of the Starooskol-Gubkinsky mining region of the Kursk magnetic anomaly. Everywhere in the waters of the watercourses under consideration, cyanobacteria species characteristic of polluted habitats, as well as species recognized as producers of cyanotoxins, are observed. Among them are *Ostillatoria granulata* Gardner, *Ostillatoria guttalata* van Goor and *Ostillatoria putrida* Ag., *Ostillatoria splendida* Grev. The quality class of the studied waters is defined as the III-rd «Satisfactory purity», and in some cases – as the II-nd, that is, the waters are «Clean». It has been established that the processes of water self-purification proceed intensively. However, the quality of waters determined by the Pantle-Bukk saprobity index in the modification of V. Sladeczek within the limits of III and II classes does not indicate their ecological well-being, since a number of species of cyanobacteria and diatoms show teratological changes, which are expressed in somewhat “blurred” outlines. their appearance. In addition, an abundance of mineral particles associated with the reduction activity of nitrogen bacteria is observed almost everywhere in the waters.

**Key words.** Cyanobacteria, ecological state, microalgae, phytoplankton, surface waters, water ecosystems, water storage reservoir.

На примере рек Осколец и Чуфичка, впадающих в р. Оскол, нами изучался фитопланктон малых рек лесостепной зоны Белгородской области, которые имеют техногенное происхождение. Таксономический и экологический состав сообществ микроводорослей и цианобактерий изучался с целью определения эколого-биологического состояния поверхностных вод Старооскольско-Губкинского гор-

нопромышленного района Курской магнитной аномалии. На его территории располагаются карьеры Лебединского и Стойленского месторождений железных руд с соответствующими объектами складирования отходов их добычи и переработки, а также города Губкин и Старый Оскол, Оскольский электрометаллургический комбинат и другие источники повышенного техногенного воздействия на компоненты окружающей природной среды, и в том числе на поверхностные и подземные воды.

Критерием качества вод являются методы биоиндикации по сообществам микроводорослей и цианобактерий. В основу положен расчет индекса сапробности и анализ таксономического и экологического составов сообществ фитопланктона. Для учета оценок обилия диатомей применялась шестиступенчатая шкала В. Сладкеча. Подобный учет количественного соотношения таксонов микроскопических водорослей в препарате дает вполне сравнимые результаты не только по одному, но и по различным местообитаниям и местонахождениям.

Повсеместно в водах рассматриваемых водотоков наблюдаются виды цианобактерий, характерные для загрязненных местообитаний, а также виды, признанные как продуценты цианотоксинов. Среди них *Ostillatoria granulata* Gardner, *Ostillatoria guttalata* van Goor и *Ostillatoria putrida* Ag., *Ostillatoria splendida* Grev.

**Долина реки Осколец.** Для сообществ фитопланктона реки Осколец в среднем течении, выше сброса «Водоканала», характерны *Ostillatoria guttalata* и *Ostillatoria putrida* с оценками обилия «нередко» и «часто», олиго-альфамезосапроб *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom. – «очень часто». Вблизи с. Лукьяновка в русле – *Ostillatoria guttalata* до «нередко» и *Ostillatoria putrida* – до «единично». Вид олиго-альфамезосапроб *Phormidium tenue* встречен «редко». Для активно протекающих процессов самоочищения характерно развитие ксено-олигосапробного вида *Aphanothece stagnina* (Spreng.), который имеет оценку обилия «очень часто», а также бета-мезосапробного вида *Aphanothece clatrata* W. et G.S. West – «часто». Вид *Rhabdoderma lineare* Schmidle et Laut. emend. Hollerb. – «единично». У с. Песчанка (Николаевка), напротив отвалов ГОКа распространены *Ostillatoria guttalata* и *Ostillatoria putrida* с оценками обилия «часто» и «редко», олиго-альфамезосапроб *Phormidium tenue* – «единично». Далее, у с. Лукьяновка, где р. Осколец представляется как технический ручей, полисапробные виды *Ostillatoria guttalata* и *Ostillatoria putrida* наблюдаются с оценкой обилия «очень часто», олиго-альфамезосапроб *Phormidium tenue* – «редко». Вид *Coelosphaerium kützingianum* Näg. повсеместно имеет оценку обилия «нередко». Напротив отвалов Лебединского ГОКа, ниже сброса шахтных вод, р. Осколец является техническим водотоком. Полисапробные виды *Ostillatoria guttalata* и *Ostillatoria putrida*, встречены с оценками обилия «часто» и «редко», олиго-альфамезосапроб *Phormidium tenue* – «единично». Активность процессов самоочищения вод, подчеркивает ксено-олигосапробного вид *Aphanothece stagnina*, который достигает оценки обилия «в массе», а также бета-мезосапробного вида *Aphanothece clatrata* – «нередко». Вид *Rhabdoderma lineare* имеет оценку обилия «нередко» (Анциферова, Хотак, 2021).

**Долина реки Чуфичка.** В ручье, вытекающем из-под водохранилища, который в настоящее время представляет исток р. Чуфичка, среди видов загрязненных местообитаний наблюдаются полисапробные *Ostillatoria guttalata* и *Ostillatoria putrida* с оценками обилия «очень часто» и «часто». Альфамезосапробный вид *Ostillatoria tenuis* Ag. встречен с оценкой обилия «единично». Вид *Coelosphaerium kützingianum* имеет оценку обилия «нередко». Свидетельством активно протекающих процессов самоочищения вод является развитие ксено-олигосапробного вида *Aphanothece stagnina*, который имеет оценку обилия «очень часто». Для верхнего течения реки в месте ее впадения в пруд отмечается видовое разнообразие диатомовых водорослей, в основном, имеющих оценки обилия «единично». Среди них с оценкой обилия «очень часто» распространены виды обрастатели *Fragilaria construens* (Ehr.) Grun. и *Fragilaria construens* var. *venter* (Ehr.) Grun., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr. – с оценками обилия «нередко». Планктонные виды, обитающие в толще воды, представлены *Cyclotella comensis* Hust. с оценкой обилия «очень часто», *Aulacoseira distans* (Ehr.) Sim. – с оценкой обилия «часто», *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Fragilaria crotonensis* Kitt. и *Synedra amphicephala* Kütz. с оценками обилия «часто». В составе сообщества цианобактерий с оценкой обилия «часто» распространен вид *Ostillatoria guttalata* van Goor. Вид *Coelosphaerium kützingianum* имеет оценку обилия «редко». Ксено-олигосапробный вид *Aphanothece stagnina* имеет оценку обилия «часто», и бета-мезосапробный *Aphanothece clatrata* – «нередко» (Анциферова, Хотак 2020).

Для пруда Чуфичка характерны полисапробные виды *Ostillatoria granulata* и *Ostillatoria guttalata*, которые имеют оценки обилия «редко», *Ostillatoria putrida* и альфамезосапробный вид *Ostillatoria tenuis*,

встречены с оценкой обилия «часто». Олиго-альфамезосапробный вид *Phormidium tenue* – «единично». Ксено-олигосапробный вид *Aphanothece stagnina*, распространен с оценкой обилия «очень часто». Виды *Coelosphaerium kützingianum* и *Rhabdoderma lineare* имеют оценку обилия «редко» и «нередко».

В среднем течении реки среди видов загрязненных местообитаний наблюдаются полисапробные *Ostillatoria granulata* и *Ostillatoria guttalata* с оценкой обилия «часто» и вид *Ostillatoria putrida* – «единично». Олиго-альфамезосапробный вид *Phormidium tenue* имеет оценку обилия «нередко». Виды *Coelosphaerium kützingianum* и *Rhabdoderma lineare* имеют оценку обилия «нередко» и «редко». Характерно развитие ксено - олигосапробного вида *Aphanothece stagnina* с оценкой обилия «в массе» и бетамезосапроба *Aphanothece clatrata* – «нередко». В нижнем течении реки среди видов загрязненных местообитаний наблюдаются полисапробные *Ostillatoria guttalata* с оценкой обилия «очень часто» и *Ostillatoria putrida* – «редко». Олиго-альфамезосапробный вид *Phormidium tenue* имеет оценку обилия «нередко». Виды *Coelosphaerium kützingianum* и *Rhabdoderma lineare* имеют оценку обилия «нередко» и «единично». Развита ксено - олигосапробный вид *Aphanothece stagnina* с оценкой обилия «очень часто» и бета - мезосапроб *Aphanothece clatrata* – «часто».

**Река Чуфичка, родник «Иоанна Предтечи».** Для сообщества фитопланктона в составе цианобактерий загрязненных местообитаний преобладают *Phormidium tenue* с оценкой обилия «очень часто» и *Ostillatoria guttalata* – «часто». Виды *Ostillatoria putrida*, а также *Ostillatoria limnetica* и *Rhabdoderma lineare* имеют оценки обилия «редко». Вид *Coelosphaerium kützingianum* имеет оценку обилия «нередко». Об активности процессов самоочищения вод свидетельствует развитие ксено-олигосапробного вида *Aphanothece stagnina* с оценкой обилия «очень часто» и бетамезосапробного вида *Aphanothece clatrata* – «часто». В приустьевой части реки, в 10 м выше впадения в р. Оскол, среди видов загрязненных местообитаний выделяются *Ostillatoria guttalata* с оценкой обилия «часто». С оценкой обилия «нередко» встречены виды *Coelosphaerium kützingianum* и *Rhabdoderma lineare*. Вид *Aphanothece stagnina* развит с оценкой обилия «в массе», вид *Aphanothece clatrata* – с оценкой обилия «нередко», что подчеркивает активность процессов самоочищения вод.

Река Оскол, выше впадения р. Чуфичка, около 500 м. Среди видов загрязненных местообитаний выделяются *Ostillatoria guttalata* с оценкой обилия «очень часто». Виды *Ostillatoria putrida*, *Ostillatoria splendida*, встречены с оценками обилия «единично» и *Phormidium tenue* – и встречены с оценкой обилия «редко». С оценкой обилия «часто» встречен вид *Coelosphaerium kützingianum*, вид *Aphanothece stagnina*, распространен с оценкой обилия «очень часто», вид *Aphanothece clatrata* – «редко».

Река Оскол, ниже впадения р. Чуфичка, около 300 м. В составе видов загрязненных местообитаний наблюдаются *Ostillatoria guttalata* с оценкой обилия «очень часто», а также *Ostillatoria putrida* и *Phormidium tenue* с оценкой обилия «нередко», как и вид *Coelosphaerium kützingianum*. Виды *Aphanothece stagnina* и *Aphanothece clatrata* имеют оценки обилия «часто» (Анциферова, 2022).

Класс качества изученных вод определяется как III-й «удовлетворительной чистоты», и в ряде случаев – как II-й, то есть воды «чистые». Причем по всем водоемам прослежено, что процессы самоочищения вод протекают интенсивно. Однако определенное по индексу сапробности Пантле-Букка в модификации В. Сладечека качество вод в пределах III и II класса не свидетельствует об их экологическом благополучии. Это свидетельство проявления токсичных свойств, сопровождающих техногенное загрязнение поверхностных вод рассматриваемой территории, которые считываются по следующим признакам: структура сообществ микроводорослей и цианобактерий нарушена, это проявляется в том, что диатомовые водоросли распространены, в основном, с оценками обилия «единично» и «редко», лишь в отдельных случаях «нередко». При этом представители цианобактерий, в том числе видов, характерных для загрязненных местообитаний, во многих случаях имеют оценки обилия – от «нередко» до «часто», «очень часто» и «в массе». Эвгленовые и зеленые микроводоросли, связанные с водами, в которых наблюдается загрязнение органическими веществами, или отсутствуют в составе сообществ, или представлены 1–2 родами и видами, имеющими низкие оценки обилия; распространение в сообществах цианобактерий таких видов загрязненных местообитаний как полисапробы *Ostillatoria granulata*, *Ostillatoria guttalata*, *Ostillatoria putrida*, альфамезосапроба *Ostillatoria tenuis* и олиго-альфамезосапроба *Phormidium tenue* и некоторых других подчеркивает токсичность среды. Наряду с ними следует отметить также повсеместное распространение вида *Coelosphaerium kützingianum* и *Woronichia naegiana* (Ung.) Elenk., признанных продуцентов цианотоксинов; у ряда видов цианобактерий, например у *Ostillatoria granulata* Gardner и *Ostillatoria guttalata* и диатомовой водоросли *Talassiosira lacustris*

наблюдаются тератологические изменения, которые выражаются в несколько «размытых» очертаниях их облика; в водах практически повсеместно наблюдается обилие минеральных частиц, связанных с редуцирующей деятельностью азот-бактерий.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Анциферова Г. А.* Эколого-биологический анализ качества вод техногенно преобразованных территорий на примере реки Осколец Белгородской области // *Ландшафтные и экологические исследования природных и антропогенных геосистем: Матер. IV Общерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. (заочной), посвящ. 85-летию высшего геогр. образования в Тамбовской области.* – Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2022. – С. 31–36.

*Анциферова Г. А., Хотак М. Ю.* Общая характеристика Старооскольского водохранилища и эколого-биологическое состояние водной среды // *Региональный анализ состояния окружающей среды и экологические риски для населения: Сборник науч. статей.* – Воронеж: Цветная полиграфия, 2021. – С. 29–34.

*Анциферова Г. А., Хотак М. Ю., Кульнев В. В., Русова Н. И.* Общее эколого-биологическое качество поверхностных вод в пределах горнодобывающих районов КМА // *Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов: Материалы междунар. науч.-практ. конф.* – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2020. – С. 10–14.