

# МНОГОЛЕТНИЕ И СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕКИ ОКА В РАЙОНЕ Г. ДЗЕРЖИНСК

## PERENNIAL AND SEASONAL CHANGES OF THE PHYTOPLANKTON DEVELOPMENT AND ASSESSMENT OF THE STATE OF THE OKA RIVER NEAR DZERZHINSK

Высокая антропогенная нагрузка на водосборной территории р. Ока оказывает негативное влияние на качество воды, состояние гидробиоценозов и экологическое состояние экосистемы в целом. В статье рассмотрены изменчивость уровня развития фитопланктона и состояния экосистемы р. Ока в нижнем течении. На основе анализа многолетней гидробиологической информации государственной системы наблюдений Росгидромета проведена оценка межгодовых и сезонных изменений в развитии фитопланктона (по показателям число видов и общая численность сообщества) и состояния экосистемы р.Ока в районе г. Дзержинск — в зоне высокого антропогенного загрязнения. Оценка состояния экосистемы реки проведена на основе статистической обработки данных об общей численности фитопланктона и оценки эффекта антропогенного воздействия на биотическую компоненту водной экосистемы.

Общая численность сообщества и видовой состав фитопланктона р. Ока выше и ниже г. Дзержинск существенно не меняются как во внутригодовом, так и в межгодовом аспекте. Индекс сапробности во всех проанализированных пробах воды в створах выше и ниже города варьировал от 1,93 до 2,45, что соответствует III классу качества и позволяет оценить качество воды исследованных участков р. Ока как «умеренно-загрязненные». По уровню развития фитопланктона состояние экосистемы характеризуется как «антропогенное экологическое напряжение с элементами эвтрофирования».

Результаты исследования могут быть использованы в дальнейшем при разработке природоохранных мероприятий, направленных на сохранение нормального функционирования экосистемы р. Ока, улучшение экологического состояния и качества воды реки, а также для решения других задач в области рационального природопользования и охраны водных ресурсов.

**Ключевые слова:** река Ока, фитопланктон, состояние экосистемы

High anthropogenic load on the catchment area of the Oka River has a negative impact on water quality, the state hydrobiocenoses and ecological condition of the ecosystem as a whole. The article describes the variability of phytoplankton growth level and the state of the ecosystem of the Oka River in the lower stream.

The assessment of interannual and seasonal changes in the phytoplankton development (in terms of number of species and the total number of communities) and the ecosystem state of the Oka River near Dzerzhinsk was conducted on the basis of the long-term hydrobiological information analysis of the state observations service Roshydromet. The assessment of the river ecosystem state was conducted based on the statistical processing data on the total number of phytoplankton and the evaluation of the anthropogenic impacts effect on the biotic components of aquatic ecosystems.

The total number of communities and species composition of phytoplankton Oka River above and below Dzerzhinsk does not change significantly as in the seasonal and inter-annual perspective. Saprobity index in all analyzed water samples in the cross-sections above and below the city ranged from 1.93 to 2.45, which corresponds to class III and to evaluate the water quality of the Oka River as «moderately polluted». The ecosystem state by the phytoplankton development level is characterized as «anthropogenic environmental stress with elements of eutrophication».

The results can be used to further the development of environmental measures aimed at maintaining the normal functioning of the Oka river ecosystem, improving environmental conditions and water river quality, as well as for other tasks in the field of environmental management and water resources protection in the region.

**Key words:** Oka river, phytoplankton, ecosystem state

**О.С. Решетняк\***, кандидат географических наук, старший научный сотрудник ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета; старший преподаватель Института наук о Земле Южного федерального университета  
**Ю.С. Гришанова**, магистрант 1-го курса Института наук о Земле Южного федерального университета

**O.S. Reshetniak, Iu.S. Grishanova**

\*Адрес для корреспонденции: [olgare1@mail.ru](mailto:olgare1@mail.ru)

## Введение

**В** настоящее время состояние водных объектов России в экономически развитых регионах в связи с деятельностью человека продолжает ухудшаться, а качество воды в большинстве из них не удовлетворяет современным нормативным требованиям [1, 2]. Существенное антропогенное воздействие на реки происходит от точечных источников загрязнения, особенно в периоды неблагоприятной гидрологической обстановки [3]. Реки Волжского бассейна (Волга, Кама и Ока) испытывают высокую антропогенную нагрузку (техногенную, демографическую, транспортную и др.). Водосборный бассейн Оки расположен в высокоурбанизированной части Европейской территории России. Река испытывает высокую антропогенную нагрузку по всей длине, особенно в среднем течении в пределах Московской области [4]. Основные источники загрязнения реки — сточные воды предприятий химической, машиностроительной, пищевой, текстильной промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, а также водный транспорт.

В нижнем течении р. Ока подвержена загрязнению в результате сброса недостаточно очищенных и загрязненных сточных вод г. Дзержинск. Это один из крупнейших центров химической индустрии. Основой экономики города является промышленность в составе 46 крупных и средних предприятий, в том числе 25 предприятий химического производства и производства резиновых и пластмассовых изделий. Промышленным производством занято также 155 малых предприятий [5]. Такая концентрация химических производств негативно сказывается на состоянии окружающей городской среды в целом и особенно на гидролого-экологическом состоянии водных объектов. Антропогенная нагрузка на р. Ока негативно сказывается на качестве её воды, которое на протяжении многих лет характеризуется как «очень загрязненная» и «грязная», при этом характерными загрязняющими веществами являются азот нитритный, соединения меди и легко- и трудноокисляемые органические вещества [1, 2].

Антропогенное воздействие, выраженное в дополнительном поступлении в водные объекты органических и неорганических веществ, приводит к увеличению нагрузки на трофические цепи и нарушению естественного равновесия между абио-

тической и биотической составляющими [1]. При оценке изменчивости состояния водных экосистем гидробиологические показатели имеют очевидное преимущество, так как являются «интегрирующими» показателями всех изменений за продолжительный период времени и отражают последствия, обусловленные антропогенным воздействием.

*Фитопланктон* является важнейшим элементом водных экосистем, первое звено трофической цепи, играет значительную роль в функционировании пресноводных экосистем. Он участвует в формировании качества вод, поскольку свободно парящие в водной толще водоросли осуществляют такой мощный внутрисистемный процесс как фотосинтез [6].

Способность фитопланктона адекватно реагировать на изменение условий окружающей среды определяется его большим видовым разнообразием и, как правило, коротким жизненным циклом. Являясь продуцентами органического вещества, водоросли выделяют кислород, а при избыточном своем развитии вызывают «цветение» воды и ухудшение ее качества. Многие виды фитопланктона являются индикаторными при определении уровня загрязненности воды. Именно поэтому по изменчивости уровня развития сообщества можно судить об изменениях качества воды и состоянии водных экосистем. Это обстоятельство и обуславливает актуальность нашего исследования.

*Цель исследования* — оценить многолетние и сезонные изменения в развитии фитопланктона и состояние экосистемы р. Ока в районе г. Дзержинск.

Достаточно широко изучен фитопланктон водохранилищ Волги [7-12], меньше работ посвящено изучению альгофлоры рек вообще и р. Ока в частности [13-15]. В работах [8-11, 14-17] рассматриваются не только видовой состав и динамика численности фитопланктона, сезонные характеристики, но и показана трансформация сообщества при эвтрофировании и зарегулировании речного стока [17].

Многими исследователями фитопланктону отводится определяющая роль в формировании качества воды и оценке состояния водоемов [7, 9, 16-18]. Изучение закономерностей структуры фитопланктона под влиянием природных и антропогенных факторов является основой для оценки состояния, прогноза изменений и рационального использования водных экосистем [17, 18].

Структура фитопланктона отражает особенности генофонда определенного района и позволяет проследить отдельные стадии эволюции водных экосистем [17], особенно это актуально в современных условиях антропогенного воздействия на водные объекты.

Динамика показателей развития фитопланктонного сообщества является индикатором изменения абиотических факторов среды. При этом водорослям принадлежит ведущая роль при биоиндикации изменения состояния экосистемы с учетом антропогенных и климатических изменений [19, 20]. Именно фитопланктонное сообщество первым реагирует на усиление антропогенного воздействия различной направленности (гидрохимической, гидротехнической) на экосистему рек [21].

В различных регионах России реакция альгофлоры будет различной в силу специфики природных условий и промышленности. Так, для речных экосистем Кольского Севера антропогенная трансформация фитопланктонных сообществ проявляется в расширении диапазона колебания общей численности фитопланктона до полного дисбаланса сообщества, когда моменты гибели сообщества чередуются с резкими всплесками развития зеленых водорослей, усилении роли зеленых и синезеленых водорослей с тенденцией выхода на доминирующее положение таких видов, как *Pandorina morum*, *Chlorella vulgaris*, *Lyngbya limnetica* и др., а также глубокой структурной перестройке сообщества — формирование устойчивого к высокому уровню загрязнения комплекса, включающего в себя  $\alpha$ -,  $\rho$ - $\alpha$  и  $\rho$ -сапробные виды водорослей [22]. В фитопланктоне рек Самарской области происходят следующие изменения: снижается роль диатомовых водорослей и усиливается — зеленых, повышаются количественные показатели и увеличивается доля организмов, способных к гетеротрофному питанию [21]. Такие изменения приводят не только к ухудшению качества воды и состояния водных экосистем, но и к усилению процессов антропогенного экологического регресса или антропогенного эвтрофирования [22, 23]

## Материалы и методы исследования

Исследование проведено на основе анализа многолетней (2003-2013 гг.) режимной гидробиологической информации государственной системы наблюдений (ГСН). Используются данные по двум створам на р. Ока: створ 1 — 0,5 км выше города; створ 2 — 15,6 км ниже города Дзержинск. Частота отбора проб — 6 раз в год (в вегетационный период с мая по октябрь включительно), в створе ниже города пробы отбирались по трем вертикалям.

Систематичность и достаточная продолжительность режимных наблюдений на сети ГСН обеспечивают полноту и достоверность используемой информации, что позволяет провести оценку меж- и внутригодовую изменчивости уровня развития фитопланктонных сообществ р. Ока в зоне влияния города Дзержинск.

Методика исследования включала в себя следующие этапы:

1. Сбор и обобщение многолетней гидробиологической информации ГСН.

2. Анализ многолетних гидробиологических данных по уровню развития фитопланктонных сообществ р. Ока в пункте наблюдения г. Дзержинск: по показателям число видов и общая численность сообщества, выявление особенностей межгодовых и сезонных изменений.

3. Оценка состояния экосистемы р. Ока в пункте наблюдения г. Дзержинск (по Р 52.24.661-2004) [24]. Данный этап исследования включает оценку состояния водной экосистемы по эффекту антропогенного воздействия на биотическую компоненту водной экосистемы (т.е. по направленности одного из внутрисистемных процессов — антропогенного эвтрофирования либо экологического регресса гидробиоценозов) [24].

Согласно Р 52.24.661-2004 для оценки эффекта антропогенного воздействия рассматривается распределение значений общей численности фитопланктона. Проводится статистическая обработка гидробиологических данных, выделяется модальный интервал значений и рассчитывается относительная плотность  $П_{оч}$  и мода  $М_о$  модального интервала по общеизвестным формулам (1) и (2):

$$П_{оч} = \frac{W}{K}, \quad (1)$$

где  $W$  — частость, т.е. доля того или иного интервала в сумме всех частот, %;

$K$  — величина интервала.

$$M_{оч} = \chi M_{min} + K \frac{W_{M_о} - W_{M_о-1}}{(W_{M_о} - W_{M_о-1}) + (W_{M_о} - W_{M_о+1})}, \quad (2)$$

где  $\chi M_{min}$  — нижняя граница модального интервала;

$W_{M_о}$  — доля частоты модального интервала;

$W_{M_о-1}$  — доля частоты интервала, предшествующего модальному;

$W_{M_о+1}$  — доля частоты интервала, следующего за модальным.

Используя значения рассчитанных статистических характеристик определяют эффект антропогенного воздействия по критериям, приведенным в табл. 1. О состоянии водной экосистемы судят по эффекту антропогенного воздействия. При этом состояние экосистемы может характеризоваться такими градациями как «экологический регресс», «антропогенное напряжение» и «антропогенное эвтрофирование».

## Результаты и их обсуждение

Показатели фитопланктонных сообществ характеризуют качество тех водных масс, в которых происходит их развитие. Загрязнение водной среды влияет на фитоценоз, изменяя его структурные характеристики. Это позволяет использовать показатели его развития для оценки качества воды и состояния водной экосистемы.

**Таблица 1**

Классификатор водных экосистем по эффекту антропогенного воздействия (Р 52.24.661-2004) [24]

Эффект антропогенного воздействия	Статистические характеристики вариаций общей численности фитопланктона	
	Мода ( $M_{оч}$ ), тыс. кл/см <sup>3</sup>	Относительная плотность $P_{оч}$ , %
Экологический регресс	до 0,50	от 100 до 300
Элементы экологического регресса	от 0,50 до 1,5	от 50 до 100
Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	от 0,50 до 2,0	от 20 до 60
Антропогенное напряжение с элементами эвтрофирования	свыше 2,0 до 10,0	от 50 до 100
Антропогенное эвтрофирование	свыше 10,0	до 30

*Многолетняя изменчивость уровня развития фитопланктона*

Межгодовая изменчивость числа видов фитопланктона р. Ока в районе г. Дзержинск (выше и ниже города) представлена на рис. 1. Число видов менялось от 21 до 75 в створе 1 и от 19 до 64 в створе 2. Четких тенденций увеличения или уменьшения числа видов за период исследования не наблюдается.

Наибольший размах по числу видов наблюдался в 2007 году (54 вида) выше города и в 2003 и 2007 гг. (39 и 37 видов) – ниже города. Наименьшее число видов и более узкий диапазон изменения показателя зафиксирован в 2010 году в обоих створах наблюдений. Если рассматривать интервалы наиболее часто встречаемых значений (модальный интервал) числа видов фитопланктона, то в створе 1 – это 42-51 вид, что составляет 40,9 % выборки, а в створе 2 – 39-48 и 37 % соответственно.

Можно отметить, что более значительное различие в диапазонах колебания числа видов фитопланктона в створе наблюдений выше города.

Межгодовая изменчивость общей численности фитопланктона р. Ока в районе г. Дзержинск (выше и ниже города) представлена на рис. 2.

В многолетнем аспекте в изменчивости численности фитопланктона также не наблюдается четких тенденций. В период с 2003 по 2013 год численность сообщества одинаково изменялась в широких пределах от 1,08 до 62,8 тыс.кл/мл в створе выше города и от 1,10 до 60,8 тыс.кл/мл в створе ниже города. Можно отметить, что максимальный уровень развития сообщества зафиксирован в 2011 году в обоих створах. «Влияние города» на показатели развития фитопланктона можно отметить только в 2004, 2008 и 2010 годах, когда в створе ниже города наблюдалось более бурное развитие сообщества.

*Внутригодовая (сезонная) изменчивость уровня развития фитопланктона*

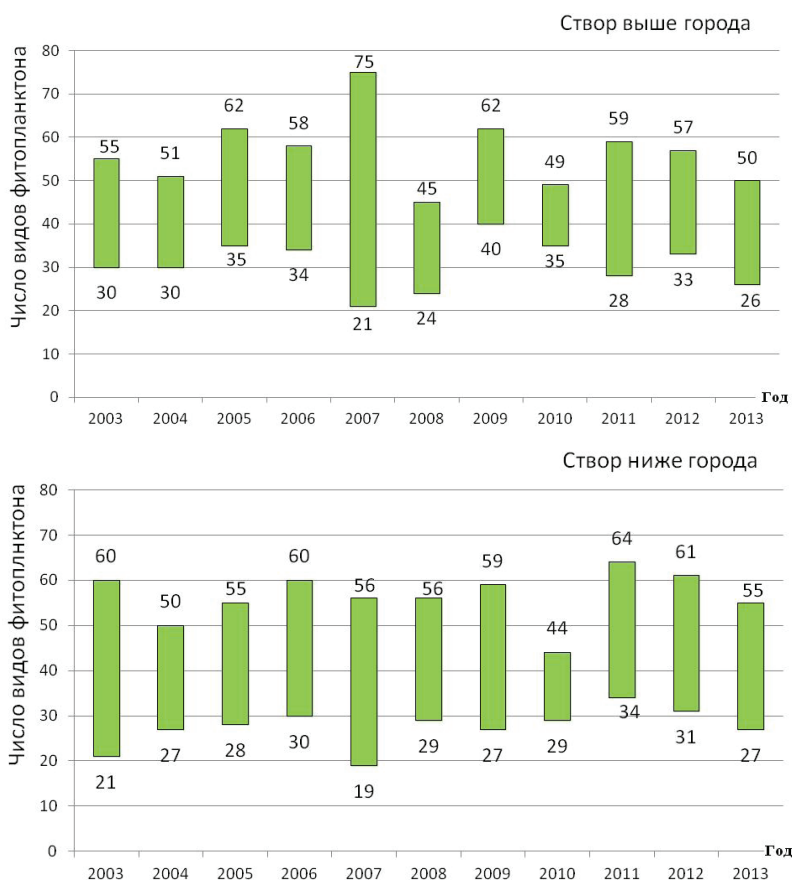
Внутригодовая изменчивость числа видов и общей численности фитопланктона р. Ока в районе г. Дзержинск (выше и ниже города) представлена на рис. 3 и 4 соответственно.

При рассмотрении внутригодовой изменчивости числа видов фитопланктона можно увидеть, что максимальное число видов приходится на сентябрь в обоих створах наблюдений. Наибольший размах по числу видов наблюдается в августе и сентябре (38 и 49 видов) выше города и в июне (36 видов) – ниже города. Наименьшее число видов и более узкий диапазон изменения показателя характерен для мая и октября в обоих створах наблюдений.

В целом, сезонная изменчивость числа видов фитопланктона более равномерна в створе ниже города.

Результаты анализа данных по внутригодовой изменчивости общей численности фитопланктона р. Ока показали, что максимальное его развитие отмечается в августе в створе выше города и в августе-сентябре – ниже города. В целом характер (ход изменения показателя) сезонной изменчивости фитопланктона выше и ниже г. Дзержинск совпадает.

Таким образом, видовой состав фитопланктонного сообщества р. Ока выше и ниже г. Дзержинск существенно не меняется как во внутригодовом, так и в межгодовом аспекте.



**Рис. 1.** Межгодовая изменчивость числа видов фитопланктона р. Ока в районе г. Дзержинск (выше и ниже города).



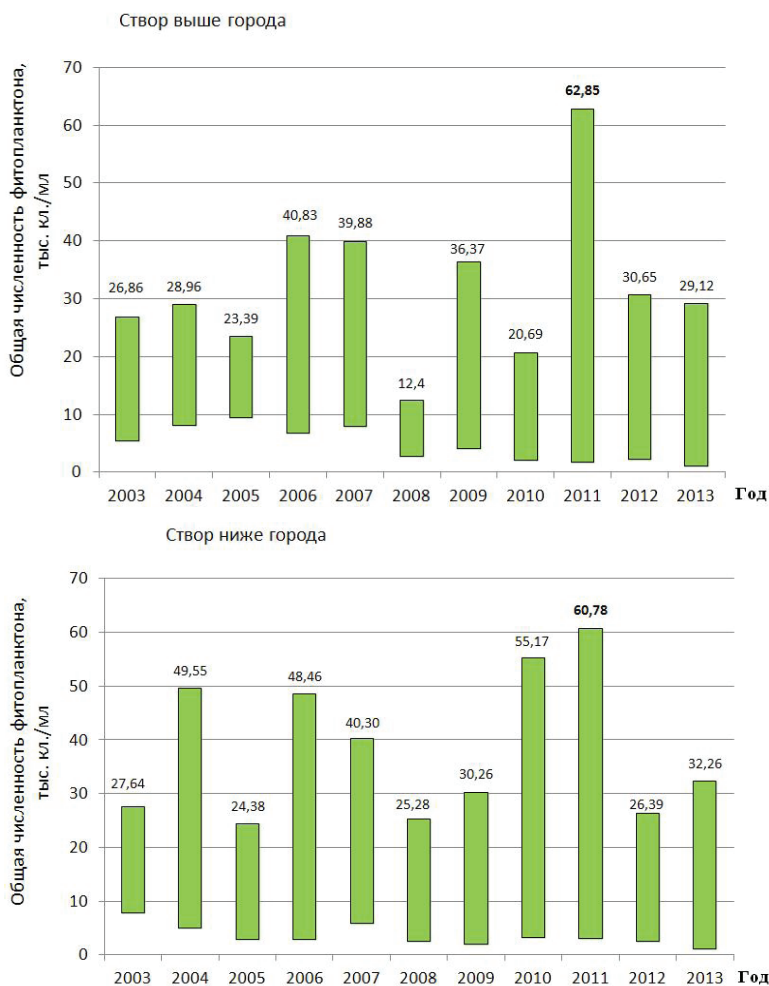


Рис. 2. Межгодовая изменчивость общей численности фитопланктона р. Ока в районе г. Дзержинск (выше и ниже города).

Индекс сапробности во всех проанализированных пробах воды в створах выше и ниже города варьировал от 1,93 до 2,45, что соответствует III классу качества и позволяет оценить качество воды исследованных участков р. Ока как «умеренно-загрязненные».

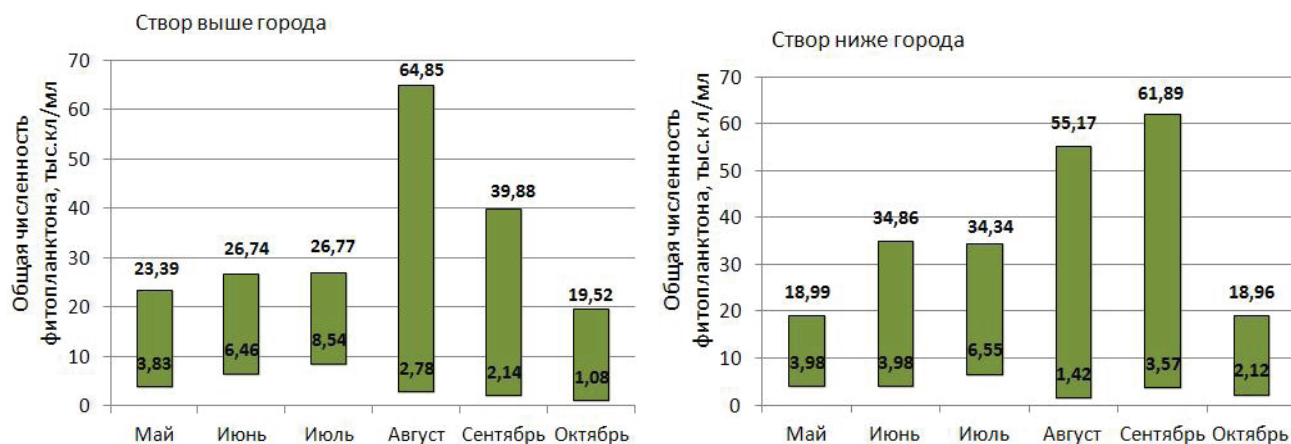


Рис. 4. Внутригодовая изменчивость общей численности фитопланктона р. Ока в районе г. Дзержинск (выше и ниже города).

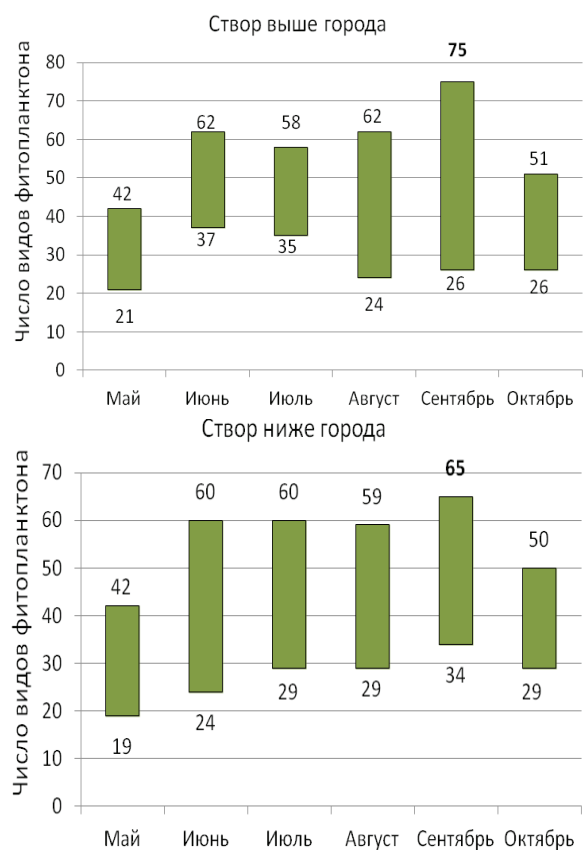


Рис. 3. Внутригодовая изменчивость числа видов фитопланктона р. Ока в районе г. Дзержинск (выше и ниже города).

Оценка состояния экосистемы р. Ока в районе г. Дзержинск по показателям развития фитопланктона

На основе статистической обработки вариационных рядов значений общей численности фитопланктона р. Ока (г. Дзержинск) за многолетний период составлены гистограммы распределения численности и выделены модальные интервалы

**Таблица 2**

Эффект антропогенного воздействия на водную экосистему р. Ока в пункте наблюдений у г. Дзержинск

Створ	Статистические характеристики общей численности фитопланктона		Эффект антропогенного воздействия
	плотность (П <sub>о</sub> , %)	мода (М <sub>оч</sub> , тыс. кл/мл)	
выше города	5,20	8,03	Антропогенное напряжение с элементами эвтрофирования
ниже города	4,63	8,63	

значений: 1,08-12,4 тыс.кл/мл в створе выше города, что составило 43,9% от общего числа значений, и 1,10-12,32 тыс.кл/мл (50,5%) в створе ниже города. Для данных модальных интервалов значений численности сообщества рассчитаны плотность и мода. Сравнение полученных значений с критериями, приведенными в классификаторе (табл. 1), позволило оценить состояние экосистемы р. Ока выше и ниже г. Дзержинск по уровню развития фитопланктона как «антропогенное экологическое напряжение с элементами эвтрофирования» (табл. 2).

## Заключение

**Н**а качество водной среды, состояние сообществ водных организмов и экологическое состояние экосистемы р. Ока негативное влияние оказывает высокая антропогенная нагрузка на водосборной территории. Это обусловило необходимость исследования изменчивости уровня разви-

## Литература:

1. Никаноров А.М. Пресноводные экосистемы в импактных районах России / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалю. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2006. 275 с.
2. Никаноров А.М. Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалю, О.С. Решетняк. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2012. 308 с.
3. Селезнева А.В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН, 2003. Т.5. №2. С. 268-277.
4. Абрамова Е.А. Оценка уровня антропогенной нагрузки на бассейн реки Оки в пределах Московской области // Вестник МГОУ. 2011. №1. С. 77-83.
5. Сайт Администрации г. Дзержинск. Электронный ресурс: [www.adm.dzr.nnov.ru](http://www.adm.dzr.nnov.ru).
6. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
7. Корнева Л.Г. Фитопланктон Рыбинского водохранилища: состав, особенности распределения, последствия эвтрофирования // Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. СПб., 1993. С. 50–113.

тия фитопланктона и состояния экосистемы р. Ока в нижнем течении — в зоне высокого антропогенного воздействия.

На основе анализа многолетней гидробиологической информации ГСН проведена оценка многолетних и сезонных изменений в развитии фитопланктона и состояния экосистемы р. Ока в районе г. Дзержинск.

Показано, что четких тенденций увеличения или уменьшения числа видов и общей численности не наблюдается. Максимальное число видов фитопланктона приходит на сентябрь в обоих створах наблюдений. Видовой состав сообщества р. Ока выше и ниже г. Дзержинск существенно не меняется как во внутригодовом, так и в межгодовом аспекте.

По индексам сапробности в створах выше и ниже города качество воды исследованных участков р. Ока характеризуется как «умеренно-загрязненные», а состояние экосистемы по уровню развития фитопланктона — как «антропогенное экологическое напряжение с элементами эвтрофирования».

Важно отметить, что экологические и экономические последствия загрязнения воды реки могут быть достаточно серьезными вследствие вредных воздействий на человека (ухудшение здоровья населения) и биоту (деградация гидробиоценозов и снижение продуктивности водных ресурсов). Результаты исследования могут быть использованы в дальнейшем при разработке природоохранных мероприятий, направленных на сохранение нормального функционирования экосистемы р. Ока, улучшение экологического состояния и качества воды реки, а также для решения других задач в области рационального природопользования и охраны водных ресурсов.

## References:

1. Nikanorov A.M., Bryzgalov V.A. *Prsnovodnyye ekosistemy v impaktnykh raionakh Rossii* [Freshwater ecosystems in impact areas of Russia]. Rostov-na-Donu, NOK Publ., 2006, 275 p.
2. Nikanorov A.M., Bryzgalov V.A., Reshetniak O.S. *Reki Rossii v usloviakh chrezvychainykh ekologicheskikh situatsii* [Rivers of Russia under the conditions of environmental emergencies]. Rostov-na-Donu, NOK Publ., 2012, 308 p.
3. Selezneva A.V. *Antropogennaia nagruzka na reki ot tochechnykh istochnikov zagriazneniia* [Anthropogenic pressure of point sources of pollution on the river]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — Proceedings of the Samara Scientific Center of RAS*, 2003, vol. 5, no. 2, pp. 268-277.
4. Abramova E.A. *Otsenka urovnia antropogennoi nagruzki na bassein reki Oki v predelakh Moskovskoi oblasti* [Assessing of the level of anthropogenic load on the basin of river the Oka within the Moscow region]. *Vestnik MGOU — Proceedings of MRSU*, 2011, no. 1, pp. 77-83.
5. Portal of the Dzerzhinsk Administration. Available at: [www.adm.dzr.nnov.ru](http://www.adm.dzr.nnov.ru).
6. Abakumov V.A. (ed.) *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem*

8. Охалкин А.Г. Фитопланктон Чебоксарского водохранилища. Тольятти: ИЭВБ РАН. 1994. 275 с.
9. Охалкин А.Г. Таксономическая структура фитопланктона как показатель стадии сукцессии равнинных водохранилищ // Ботанический журнал. 1997. Т. 82. №1. С. 46-54.
10. Охалкин А.Г. Фитопланктон Горьковского водохранилища / А.Г. Охалкин, И.А. Микульчик, Л.Г. Корнева, Н.М. Минаева. Тольятти: ИЭВБ РАН. 1997. 224 с.
11. Охалкин А.Г. Закономерности годичной динамики биомассы фитопланктона в эвтрофном водохранилище / А.Г. Охалкин, А.А. Черников, Ю.К. Захаров // Наземные и водные экосистемы. Нижний Новгород: изд. ННГУ. 1997. С. 33-46.
12. Ляшенко О.А. Планктонная альгофлора Иваньковского и Угличского водохранилищ // Ботанический журнал. 2001. Т. 86, №10. С. 26-34.
13. Паутова В.Н. Состав и динамика обилия массовых видов фитопланктона низовьев р. Ока в конце XX столетия / В.Н. Паутова, А.Г. Охалкин, О.Г. Горохова, С.И. Генкал, В.И. Номоконова // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, №3. С.177-184.
14. Охалкин А. Г. Фитопланктон реки Оки в 1978 г. // Биология внутренних вод. Информационный бюллетень ИБВВ АН СССР. 1981. №49. С. 11-15.
15. Охалкин А.Г. Соотношение сезонных изменений химического состава воды и биомассы планктонных организмов в устье Оки / А.Г. Охалкин, Н.Г. Тухсанова, Г.В. Щурганова // Наземные и водные экосистемы. Горький: изд. ГГУ. 1983. С. 80-86.
16. Охалкин А.Г. История и основные проблемы исследований речного фитопланктона // Ботанический журнал. 20006. Т. 85, №10. С. 1-14.
17. Охалкин А.Г. Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и ее притоков): Автореф. дис.... докт. биол. наук. СПб., 1997. 48 с.
18. Охалкин А.Г. Динамика состава массовых видов фитопланктона при эвтрофировании и зарегулировании речного стока (на примере р. Волги) // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия Биология. 1999. №1. С. 1-10.
19. Шаров А.Н. Индикаторная роль фитопланктона в оценке долговременных изменений качества вод больших озер // Водные ресурсы. 2008. Т. 35, №6. С. 697-702.
20. Метелева Н.Ю. О роли фитопланктона в формировании кислородного режима водоема в связи с климатическими вариациями / Н.Ю. Метелева, П.А. Вайновский // Вода: химия и экология. 2012. №12. С. 66-72.
21. Буркова Т.Н. Особенности развития фитопланктона в реках Самарской области с различным уровнем антропогенного воздействия // Известия Пензенского государственного педагогического университета. Естественные науки, №29. 2012. С. 140-143.
22. Nikanorov A.M. Assessment of Hydrobiocenosis state over sections of the Kola North water bodies heavily polluted with copper and nickel compounds / A.M. Nikanorov, L.P. Sokolova, L.S. Kosmenko, O.S. Reshetnyak // Russian Meteorology and Hydrology. 2009. Т. 34. № 11. Pp. 748-756.
23. Reshetnyak O.S. Anthropogenic transformation of the aquatic ecosystem of the Lower Volga / O.S. Reshetnyak, [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1992, 318 p.
7. Korneva L.G. *Fitoplankton Rybinskogo vodokhranilishcha: sostav, osobennosti raspredeleniia, posledstviia evtrofirovaniia. Sovremennoe sostoianie ekosistemy Rybinskogo vodokhranilishcha* [Phytoplankton of the Rybinsk Reservoir: composition, features of distribution, the consequences of eutrophication. The modern state of the Rybinsk Reservoir ecosystem]. St. Petersburg, 1993, pp. 50–113.
8. Okhapkin A.G. *Fitoplankton Cheboksarskogo vodokhranilishcha* [Phytoplankton of the Cheboksary reservoir]. Tol'iatii, Institute of Ecology of the Volga river Basin of RAS, 1994, 275 p.
9. Okhapkin A.G. Taksonomicheskaiia struktura fitoplanktona kak pokazatel' stadii suksessii ravninnykh vodokhranilishch [The taxonomic structure of phytoplankton as an indicator of the succession stage of plain reservoirs]. *Botanicheskii zhurnal – Botanic journal*, 1997, vol. 82, no. 1, pp. 46-54.
10. Okhapkin A.G., Mikul'chik I.A., Korneva L.G., Minaeva N.M. *Fitoplankton Gor'kovskogo vodokhranilishcha* [Phytoplankton of the Gor'kiy reservoir]. Tol'iatii, Institute of Ecology of the Volga river Basin of RAS, 1997, 224 p.
11. Okhapkin A.G., Chernikov A.A., Zakharov Iu.K. *Zakonomernosti godichnoi dinamiki biomassy fitoplanktona v evtrofnom vodokhranilishche. Nazemnye i vodnye ekosistemy* [Laws of annual dynamics of phytoplankton biomass in a eutrophic reservoir. Terrestrial and aquatic ecosystems]. Nizhnii Novgorod, NNSU Publ., 1997, pp. 33-46.
12. Liashenko O.A. Planktonnaia al'goflora Ivan'kovskogo i Uglichskogo vodokhranilishch [Plankton algoflora of Ivankovskoye and Uglich reservoirs]. *Botanicheskii zhurnal – Botanic journal*, 2001, vol. 86, no. 10, pp. 26-34.
13. Pautova V.N., Okhapkin A.G., Gorokhova O.G., Genkal S.I., Nomokonova V.I. Sostav i dinamika obilii massovykh vidov fitoplanktona nizov'ev r. Oka v kontse XX stoletiiia [The composition and abundance dynamics of phytoplankton mass species of lower reaches of the Oka river at the end of the XX century]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN – Proceedings of the Samara Scientific Center of RAS*, 2013, vol. 15, no. 3, pp. 177-184.
14. Okhapkin A. G. *Fitoplankton reki Oki v 1978 g.* [Phytoplankton of the Oka river in 1978]. *Biologiia vnutremikh vod. Informatsionnyi biulleten' IBVV AN SSSR – Biology of inland waters. Proceedings of Institute of biology of inland waters of USSR AS*, 1981, no. 49, pp. 11-15.
15. Okhapkin A.G., Tukhsanova N.G., Shchurganova G.V. *Sootnoshenie sezonnykh izmenenii khimicheskogo sostava vody i biomassy planktonnykh organizmov v ust'e Oki. Nazemnye i vodnye ekosistemy* [The ratio of seasonal changes in water chemistry and biomass of planktonic organisms in the mouth of the Oka river. Terrestrial and aquatic ecosystems]. Gor'kii, GSU Publ., 1983, pp. 80-86.
16. Okhapkin A.G. *Istoriia i osnovnye problemy issledovaniia rechnogo fitoplanktona* [History and basic research issues of river phytoplankton]. *Botanicheskii zhurnal – Botanic journal*, 2000, vol. 85, no. 10, pp. 1-14.
17. Okhapkin A.G. *Struktura i suksessiia fitoplanktona pri zaregulirovani rechnogo stoka (na primere r. Volgi i ee pritokov): Avtoref. dis.... dokt. biol. nauk* [Structure and succession of phytoplankton in case of the river flow regulation (on the example of the Volga river and

A.M. Nikanorov, V.A. Bryzgalo, L.S. Kosmenko // *Water Resources*. 2013. T. 40. №6. Pp. 667-676.

24. РД 52.24.661-2004. Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши. М.: Изд-во Метеоагентства Росгидромета. 2006. 26 с.

its tributaries). Abstract of Dissertation of Doctor of Biological sciences]. St. Petersburg, 1997, 48 p.

18. Okhapkin A.G. Dinamika sostava massovykh vidov fitoplanktona pri evtrofirovanii i zaregulirovanii rechnogo stoka (na primere r. Volgi) [Dynamics of phytoplankton mass species composition during the eutrophication and regulation of river flow (on the example of the Volga river)]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Seriya Biologiya – Bulletin of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series Biology*, 1999, no. 1, pp. 1-10.

19. Sharov A.N. Indikatornaia rol' fitoplanktona v otsenke dolgoremennykh izmenenii kachestva vod bol'shikh ozer [Indicator role of phytoplankton in the assessment of long-term changes in water quality of large lakes]. *Vodnye resursy – Water resources*, 2008, vol. 35, no. 6, pp. 697-702.

20. Meteleva N.Iu., Vainovskii P.A. O roli fitoplanktona v formirovanii kislorodnogo rezhima vodoema v sviazi s klimaticheskimi variatsiiami [On the role of phytoplankton in the formation of oxygen regime of the reservoir due to climatic variations]. *Voda: khimiia i ekologiia – Water: chemistry and ecology*, 2012, no. 12, pp. 66-72.

21. Burkova T.N. Osobennosti razvitiia fitoplanktona v rekakh Samarskoi oblasti s razlichnym urovnem antropogennogo vozdeistviia [Features of development of phytoplankton in rivers of Samara region with various levels of human impact]. *Izvestiia Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye nauki – Proceedings of Penza State Pedagogic University. Natural Sciences*, no. 29, 2012, pp. 140-143.

22. Nikanorov A.M., Sokolova L.P., Kosmenko L.S., Reshetnyak O.S. Assessment of Hydrobiocenosis state over sections of the Kola North water bodies heavily polluted with copper and nickel compounds. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2009, vol. 34, no. 11, pp. 748-756.

23. Reshetnyak O.S., Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A., Kosmenko L.S. Anthropogenic transformation of the aquatic ecosystem of the Lower Volga. *Water Resources*, 2013, vol. 40, no. 6, pp. 667-676.

24. RD 52.24.661-2004. Rekomendatsii. Otsenka riska antropogennogo vozdeistviia prioritnykh zagriazniaiushchikh veshchestv na poverkhnostnye vody суши [RD 52.24.661-2004. Recommendations. Risk assessment of human exposure of the priority pollutants on surface waters of land]. Moscow, Meteoaency of Roshydromet Publ., 2006, 26 p.