СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ НИЖНЕГО ДОНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

О.С. Решетняк^{1,2}, Н.В. Решетняк¹, В.Н. Решетняк²

¹ Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону

² Институт наук о Земле Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону

olgare1@mail.ru, nvr-phys@yandex.ru, vnresh3@gmail.com

Аннотация. Специфика антропогенного воздействия на экосистему Нижнего Дона состоит в высокой концентрации водоемких отраслей хозяйства, интенсивном использовании водных ресурсов в условиях засушливого климата, развитии сельском хозяйстве, судоходстве и трансграничном загрязнении вод с территории соседних областей. Высокая внутри- и межгодовая изменчивость компонентного состава и качества воды в нижнем течении р. Дон предопределяет необходимость изучения возможной трансформации состояния экосистем в современных условиях антропогенного воздействия.

В статье представлены результаты оценки уровня загрязненности и состояния различных компонентов экосистемы Нижнего Дона. Показано, что качество водной среды на отдельных участках Нижнего Дона соответствует IV («грязная») и III («загрязненная») классам. Периодически отмечается нарушение ПДК по нефтепродуктам, органическим веществам и азоту нитритному. Уровень нефтяного загрязнения донных отложений устьевой области незначителен. Антропогенная нагрузка на экосистему Нижнего Дона по притоку химических веществ оценивается как «малая», но в отдельные годы объемы притока соединений железа, азота нитритного, легкоокисляемых органических веществ и сульфатов могут превышать допустимые по ПДК их значения.

Фитопланктон реагирует на такое воздействие усилением процесса антропогенного эвтрофирования или угнетением развития (токсический эффект). Разные участки экосистемы Нижнего Дона по трофности относятся к категориям: от олиготрофно-мезотрофных до гиперэвтрофных. Качество воды по состоянию бентосных сообществ также соответствует III-IV классам качества («умеренно загрязненные» и «загрязненные»). В целом, выявлено соответствие состояния экосистем и качества воды на различных участках Нижнего Дона по биологическим и гидрохимическим показателям.

Ключевые слова: экосистема Нижнего Дона, антропогенное воздействие, химический состав воды, качество воды, гидробиоценозы, хлорофилл а, антропогенная нагрузка

Введение

Экосистемы устьевых областей рек имеют большое экологическое и хозяйственное значение. В настоящее время одной из приоритетных задач в области экологии и природопользования является оценка состояния устьевых экосистем с учетом региональных особенностей их функционирования и антропогенной нагрузки, которую они испытывают в условиях современного техногенеза.

Специфика антропогенного воздействия на экосистему Нижнего Дона состоит в высокой концентрации водоемких отраслей хозяйства, интенсивном использовании водных ресурсов в условиях засушливого климата, развитии сельском хозяйстве, судоходстве и трансграничном загрязнении вод с территории соседних областей. На территории устьевой области расположены крупный южный порт г. Ростова-на-Дону и прилегающие населенные пункты с комплексом хозяйственных и промышленных предприятий, сточные воды которых поступают непосредственно на этот участок реки [1].

Высокая внутри- и межгодовая изменчивость компонентного состава и качества воды [2] в ниж-

нем течении р. Дон предопределяет необходимость изучения закономерностей возможной трансформации состояния экосистем в современных условиях антропогенного воздействия. Проблема качества водных ресурсов и состояния экосистемы Нижнего Дона актуальна в условиях роста антропогенной нагрузки на речные экосистемы и происходящих климатических изменений, влияющих на экологическую обстановку в регионе в целом.

Устьевая область р. Дон как природная экосистема

В данной работе экосистему Нижнего Дона рассматриваем в границах нижнего участка Дона от станицы Раздорская до устья.

Устьевая область р. Дон относится к типу бесприливной устьевой области с многорукавной дельтой выполнения залива и отмелым полузакрытым устьевым взморьем (рис. 1).

Она включает в себя устьевой участок реки – от станицы Раздорской (замыкающий створ р. Дон) до вершины дельты (места ветвления рукава Мертвый Донец в 41 км от моря), саму дельту площадью 5240 км² и Таганрогский залив Азовского моря [3].

Рис. 1. Карта-схема устьевой области р. Дон [1]

Верхней границей современной устьевой области р. Дон является створ у ст. Раздорская (151 км от устья), выше которого сгонно-нагонные явления и колебания уровня моря не распространяются.

Своеобразие гидрологических, гидрохимических и гидробиологических особенностей устьевой области р. Дон обусловлено климатическими условиями региона, а также высоким уровнем антропогенной нагрузки.

Антропогенное воздействие на экосистему Нижнего Дона

Река Дон – крупнейшая водная артерия Азово-Черноморского бассейна – основной источник водоснабжения для городов, населенных пунктов, различных отраслей промышленности, сельского и жилищно-коммунального хозяйства. Вода реки в нижнем течении загрязняется сточными водами промышленных предприятий, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными стоками. Высокая антропогенная нагрузка на водные экосистемы приводит к загрязнению поверхностных вод и, как следствие, ухудшению их экологического состояния, проявляющегося в изменчивости развития планктонных организмов, снижении видового разнообразия, выходе на доминирующее положение представителей загрязненных вод, и усилении процессов эвтрофирования речной экосистемы и «цветении» воды [4].

В условиях современного антропогенного воздействия на экологическое состояние устьевой обла-

сти р. Дон влияние оказывают различные региональные факторы, такие как транзитный перенос загрязняющих веществ вниз по течению реки; сброс недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий; смыв минеральных удобрений и органических веществ с территорий сельхозугодий и животноводческих ферм; поступление пестицидов со сбросными водами оросительных систем; влияние маломерного флота; безвозвратное изъятие части водного стока и изменение его внутригодового режима вследствие гидростроительства; стихийные бедствия, прежде всего, наводнения [1, 2].

Исследуемые участки устьевой области р. Дон испытывают разное по длительности и характеру антропогенное воздействие, что предопределяет изменчивость степени загрязненности водной среды по длине реки. Основными источниками загрязнения поверхностных вод являются предприятия пищевой, рыбной промышленности (ст. Раздорская, ст. Багаевская, г. Азов, х. Дугино и др.), предприятия машиностроения, приборостроения, энергетики и строительства гг. Ростов-на-Дону, Азов и Таганрог, предприятия сельского и жилищно-коммунального хозяйства [1]. Со сточными водами промышленных предприятий в устьевую область могут поступать соединения металлов, легкоокисляемые органические вещества, соединения азота, фосфора и другие загрязняющие вещества. Разнообразие источников загрязнения обуславливает пространственно-временную изменчивость степени загрязненности

водной среды на различных участках устьевой области р. Дон [1].

Качество воды и состояние водных экосистем Нижнего Дона

Ранее было показано, что степень загрязненности воды экосистемы Нижнего Дона до 1994 г. соответствовала 4-му классу качества («грязная») практически на всех исследуемых участках устьевой области с последующим незначительным снижением загрязненности до категории «очень загрязненная» (3-й класс качества) [1]. В последние годы тенденция улучшения состояния водной среды не прослеживается и она, по-прежнему, соответствует 3-му и 4-му классам (таблица 1).

Такой уровень загрязненности водной среды экосистемы Нижнего Дона обусловлен, в первую очередь, высокими концентрациями органических веществ, азота нитритного, соединений меди, железа и нефтепродуктов. Периодическое накопление в водной среде перечисленных выше загрязняющих веществ (характерных загрязнителей) может приводить к повышению степени загрязненности и ухудшению состояния экосистемы. Незначительное снижение уровня загрязненности воды в последние годы связано с уменьшением кратности превышения ПДК этих загрязняющих веществ, но по-прежнему отмечается нарушение нормативов по нефтепродуктам, легкоокисляемым органическим веществам (по БПК₅) и азоту нитритному.

Таблица 1. Временная изменчивость качества воды на различных участках экосистемы Нижнего Дона

Река, створ	Класс качества воды (степень загрязненности воды) за период		
	1985–1994 гг.	1995–2007 гг.	2008–2017 гг.
р. Дон, ст. Раздорская	4А (грязная)	4А (грязная) и 3Б (очень загрязненная)	3Б (очень загрязненная) и 3А (загрязненная)
р. Дон, г. Ростов (ниже города)	4А (грязная)	4А (грязная) и 3Б (очень загрязненная)	3Б (очень загрязненная)
р. Дон, х. Колузаево	4А (грязная)	3Б (очень загрязненная) и 4А (грязная)	4А (грязная)
р. Дон, г. Азов	4А (грязная)	4А (грязная)	3Б (очень загрязненная) и 4А (грязная)
рук. Большая Каланча, х. Дугино	4А (грязная) и 3Б (очень загрязненная)	4А (грязная) и 3Б (очень загрязненная)	3Б (очень загрязненная) и 4А (грязная)

По длине реки происходит физико-химическая и биологическая трансформация химического состава водной среды, но в устьевой области в условиях замедления течения многие загрязняющие вещества могут депонироваться в донных отложениях. Так, например, содержание нефтепродуктов в донных отложениях устьевой экосистемы Нижнего Дона варьирует от 0,03 до 0,34 мг/г с.о. и более высокий уровень загрязнения донных осадков («средне загрязненные») наблюдается в рукаве Старый Дон, а также в р. Дон в районе г. Ростова-на-Дону с тенденцией роста концентраций в последние годы [5].

В работе [1] показано, что на нижнем участке реки Дон перенос с речным стоком таких загрязняющих веществ как нефтепродукты, соединения меди и минеральные формы азота преобладает над процессами их трансформации и заметные их количества могут поступать на устьевой участок реки. В отдельные периоды объемы притока соединений железа, азота нитритного, легкоокисляемых органических веществ и сульфатов могут превышать допустимые по ПДК их значения в три-четыре раза. Это может приводить к возрастанию антропогенной нагрузки на экосистему Нижнего Дона, которая по притоку химических веществ оценивается как

«малая». Это свидетельствует о том, что экосистема реки справляется с массой поступающих в устье веществ. Ниже станицы Раздорская антропогенная нагрузка на дельту и устье может возрастать за счет впадения в Дон реки Маныч и влияния сточных вод крупных населенных пунктов (гг. Ростов-на-Дону, Аксай и Азов) [1].

Дополнительное поступление органических и биогенных веществ и усиление антропогенного воздействия может вызывать как эвтрофирующий, так и токсичный эффект. При этом отклик биоты может сопровождаться серьезными структурными преобразованиями отдельных трофических уровней [4, 6]. Несмотря на низкую частоту встречаемости аномально высоких значений общей численности фитопланктона на нижних участках р. Дон, можно говорить о периодическом усилении процесса антропогенного эвтрофирования, вызывающего в эти периоды заметные изменения структуры сообществ за счет модификации видового состава доминирующего комплекса и тенденции выхода на доминирующее положение отдельных видов синезеленых водорослей (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis pulvereae*, *Oscillatoria limnetica*) [7].

По характеру отклика сообщества на антропогенное воздействие можно выделить два участка, отличающихся по характеру развития водорослей при антропогенном воздействии. Это участок р. Дон от г. Волгодонск до г. Ростов-на-Дону, где отмечено усиление процесса антропогенного эвтрофирования, и устьевой участок реки ниже г. Ростов-на-Дону, где наблюдался токсический эффект антропогенного воздействия (таблица 2).

Возрастание токсичности воды может быть связано с жизнедеятельностью синезеленых водорослей в периоды их максимального развития, когда в воду поступает токсин микроцистин. Одним из перспективных методов диагностики токсичности воды является спектрометрическая съемка водного объекта для определения содержания в воде пигментов фитопланктона – хлорофилла а и фикоцианина (маркера синезеленых водорослей).

Таблица 2. Характер отклика фитопланктона на отдельных участках экосистемы Нижнего Дона [7]

Пункт наблюдений	Эффект антропогенного воздействия
г. Волгодонск	низкий эвтрофирующий
г. Ростов-на-Дону (выше города)	низкий эвтрофирующий
г. Ростов-на-Дону (ниже города)	средний эвтрофирующий
х. Колузаево	средний токсичный
г. Азов	средний токсичный

В работе [8] на основе экосистемных исследований (спектрометрических, выполненных совместно с аналитическим определением химических и биологических показателей в пробах воды) нижнего участка р. Дон получены спектры коэффициентов яркости в различные гидрологические сезоны в течение

2010–2016 гг. Спектры использованы для построения биооптической модели, которая позволяет в дальнейшем оценивать концентрации видимых компонентов воды (хлорофилла а, фикоцианина и т. д.). Концентрация хлорофилла а в разных точках экосистемы Нижнего Дона достаточно сильно варьирует от менее 2 до 300 мкг/дм³ и в соответствии с классификацией спектров, предложенной в работе [9], они относятся к различным категориям, от II (олиготрофно-мезотрофным) до VI (гиперэвтрофным).

Дальнейший анализ спектров позволяет однозначно идентифицировать наличие в составе фитопланктона синезеленых водорослей и оценивать концентрацию фикоцианина ($C_{фц}$). Получив данные о $C_{фц}$ невозможно однозначно оценивать уровень токсичности водного объекта. Даже при относительно высоком $C_{фц} = 103$ мкг/дм³ токсичность может быть не значительна. На ряде исследуемых участков Нижнего Дона доля токсичных видов синезеленых велика и может достигать даже 100 %. В таких случаях высока и концентрация фикоцианина ($C_{фц} = 146$ мкг/дм³), и уровень токсичности водной среды становится более опасным. Следовательно, оперативная дистанционная оценка концентрации $C_{фц}$ может рассматриваться как величина вероятной или потенциальной токсичности водного объекта [8].

Состояние экосистемы и качество воды Нижнего Дона по состоянию бентосных сообществ представлено в таблице 3. Исследуемые участки реки характеризуются как «умеренно загрязненные» и «загрязненные» (III-IV класс качества воды), и только в районе ст-цы Раздорская отмечается улучшение качества воды до II класса. При таком стабильном уровне загрязненности воды состояние экосистемы значительно варьирует от «равновесного или кризисного» до «критического» и даже до «катастрофического» на участке выше города Аксай [10].

Таблица 3. Изменчивость состояния речных экосистем Нижнего Дона и качества воды по показателям развития бентосных сообществ

Участок	Относительная численность олигохет, %	Состояние экосистемы (по [11])	Значения БИ	Класс качества воды (по [12])
станция Раздорская	17–100	переходное от равновесного в критическое	5–0	II-IV – чистые, умеренно загрязненные и загрязненные
выше г. Аксай	0–100	переходное от естественного в катастрофическое	4–1	III-IV – умеренно загрязненные и загрязненные
выше г. Ростов-на-Дону	3–87	переходное от равновесного в кризисное	4–2	III-IV – умеренно загрязненные и загрязненные
ниже г. Ростов-на-Дону	26–100	переходное от кризисного в критическое	4–1	III-IV – умеренно загрязненные и загрязненные
хут. Колузаево	29–83	кризисное	4–2	III-IV – умеренно загрязненные и загрязненные
г. Азов	14–100	переходное от равновесного в критическое	3–1	III-IV – умеренно загрязненные и загрязненные

Заключение

В настоящее время в речных экосистемах Юга России за счет высокого содержания отдельных загрязняющих веществ (нефтепродуктов, тяжелых металлов и др.) происходит не только ухудшение качества воды и состояния экосистем в целом, но и снижение видового разнообразия сообществ и самоочищающей способности.

Анализируя полученные результаты по оценке состояния водных экосистем и качества водной среды на отдельных участках Нижнего Дона можно отметить, что качество воды соответствует 4-му («грязная») и 3-му («загрязненная») классам. Периодически отмечается нарушение ПДК по нефтепродуктам, органическим веществам и азоту нитритному. Уровень нефтяного загрязнения донных отложений устьевой области незначителен.

Биогенная составляющая экосистемы (фитопланктон) реагирует на такое воздействие усилением процесса антропогенного эвтрофирования или угнетением развития (токсический эффект). При этом по концентрации хлорофилла а разные участки экосистемы Нижнего Дона по трофности относятся к различным категориям: от олиготрофно-мезотрофных до гиперэвтрофных. Качество воды по состоянию бентосных сообществ также соответствует III-IV классу качества («умеренно загрязненные» и «загрязненные»).

В целом состояние экосистем и качество воды на различных участках Нижнего Дона по биологическим показателям согласуется с качеством вод по гидрохимическим показателям. Полученные результаты имеют большую практическую значимость для решения ряда вопросов, связанных с оценкой биологической продуктивности водоемов и прогнозированием качества воды и состояния экосистем.

Список литературы

1. Никаноров А.М. Антропогенная нагрузка на устьевую область р. Дон в современных условиях техногенного воздействия / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалов, Л.С. Косменко, М.Ю. Кондакова О.С. Решетняк // Вода: химия и экология, № 1. 2011, С. 4–10.
2. Экосистема Нижнего Дона: многолетние изменения качества воды / Под редакцией А.М. Никанорова, Т.А. Хоружей, Л.И. Мининной // Серия «Качество вод». СПб.: Гидрометеиздат, 2006. 307 с.
3. Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.
4. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С. Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций. Ростов-на-Дону: «НОК», 2012. – 308 с.
5. Решетняк В.Н. Оценка загрязненности устьевой области реки Дон нефтепродуктами // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития: материалы Международной молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 4–6 сентября 2018 г.) / [гл. ред. акад. Г.Г. Матишов]. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. – С. 81–84.
6. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Пресноводные экосистемы в импактных районах России. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2006. 275 с.
7. Решетняк О.С., Кондакова М.Ю., Косменко Л.С., Брызгалов В.А. Региональные особенности изменчивости структурной организации фитопланктона Нижнего Дона // Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства. Ростов-на-Дону, 11–12 декабря 2018 г., ФГБНУ «АзНИИРХ». Ростов-н/Д.: Изд-во ФГБНУ «АзНИИРХ», 2018. С. 352–356.
8. Сухоруков Б.Л., Решетняк Н.В., Ковалёва Г.Е. Оценка токсичности водных объектов в период цветения синезелёных водорослей методами дистанционной спектроскопии видимого диапазона // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: сборник материалов VI Всероссийской конференции по водной экотоксикологии, посвященной 80-летию со дня рождения д.б.н., проф. Б.А. Флерова, с приглашением специалистов из стран ближнего зарубежья. Современные методы исследования состояния поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки: материалы школы-семинара для молодых ученых, аспирантов и студентов (Борок, 14–17 сентября 2017 г.). -Ярославль: Филигрань. – 2017. С. 91–95.
9. Сухоруков Б.Л., Ковалёва Г.Е., Новиков И.В. Оценка трофности водных объектов по данным дистанционной спектроскопии высокого разрешения видимого диапазона // Водные ресурсы. 2017. Т.44. № 1. С.79–90.
10. Решетняк О.С. Пространственно-временная изменчивость структуры бентосных сообществ и состояния экосистем Нижнего Дона // Вода: химия и экология, 2018. № 4–6 апрель-май-июнь 2018_new. С. 36–44.
11. Р 52.24.776–2012 Рекомендации. Оценка антропогенной нагрузки и риска воздействия на устьевые области рек с учетом их региональных особенностей. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2012. 32 с.
12. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

STATUS OF THE LOWER DON ECOSYSTEM IN MODERN CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC IMPACT

O.S. Reshetnyak^{1,2}, N.V. Reshetnyak¹, V.N. Reshetnyak²

¹ Hydrochemical Institute of Roshydromet, Rostov-on-Don

² Institute of Earth Science of the Southern Federal University, Rostov-on-Don

olgare1@mail.ru, nvr-phys@yandex.ru, vnresh3@gmail.com

Abstract. High concentration of water-intensive sectors of the economy, intensive use of water resources in arid climate, developed agriculture, shipping and transboundary water pollution from neighboring areas are the main features of the anthropogenic impact on the Lower Don ecosystem. High intra-annual and inter-annual variability of the composition and quality of water in the lower Don determines the need to study the patterns of possible transformation of the ecosystems' state in modern conditions of anthropogenic impact.

There are results of assessing the water pollution level and the state of various components of the Lower Don ecosystem in the article. It is shown that the quality of the aquatic environment in separate areas of the Lower Don corresponds to the IV ("dirty") and III ("polluted") classes. There is a violation of the MPC for petroleum products, organic substances and nitrite periodically. The level of oil pollution in river sediments in the mouth area is insignificant. The anthropogenic load on the Lower Don ecosystem in terms of the inflow of chemicals is assessed as "small", but in some years the volume of inflow of iron compounds, nitrite, light-oxidizable organic compounds and sulfates may exceed their permissible values.

Phytoplankton responds to such effects by strengthening the anthropogenic eutrophication process or by reduction of development (toxic effect). The different parts of the Lower Don ecosystem are classified into categories by trophicity from oligotrophic and mesotrophic to hypereutrophic. Water quality based on benthic communities' state is also rated as the III-IV quality class ("temperately polluted" and "polluted"). In general the correspondence of the ecosystems' state and the water quality in different parts of the Lower Don was revealed by biological and hydrochemical indicators.

Keywords: Lower Don ecosystem, anthropogenic impact, water chemical composition, water quality, hydrobiocenosis, chlorophyll a, anthropogenic load.

References

1. Nikanorov A.M. Antropogennaya nagruzka na ust'evuyu oblast' r. Don v sovremennykh usloviyakh tekhnogennoy vozdeystviya [Anthropogenic load on the mouth area of the river. Don in modern conditions of anthropogenic impact] / A.M. Nikanorov, V.A. Bryzgalo, L.S. Kosmenko, M.YU. Kondakova O.S. Reshetnyak // Voda: himiya i ekologiya, № 1. 2011, S. 4–10 (In Russian).
2. Ekosistema Nizhnego Dona: mnogoletnie izmeneniya kachestva vody [Lower Don Ecosystem: Perennial Changes in Water Quality] / Pod redakciey A.M. Nikanorova, T.A. Horuzhej, L.I. Mininoy // Seriya «Kachestvo vod». SPb.: Gidrometeoizdat, 2006. 307 s (In Russian).
3. Mihajlov V.N. Ust'ya rek Rossii i sopredel'nyh stran: proshloe, nastoyashchee i budushchee [The estuaries of the rivers of Russia and neighboring countries: past, present and future]. M.: GEOS, 1997. 413 s (In Russian).
4. Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A., Reshetnyak O.S. Reki Rossii v usloviyakh chrezvychajnykh ekologicheskikh situacij [Rivers of Russia in environmental emergency situations]. Rostov-na-Donu: «NOK», 2012. – 308 s (In Russian).
5. Reshetnyak V.N. Ocenka zagryaznennosti ust'evoy oblasti reki Don nefteproduktami [Assessment of contamination of the mouth area of the Don River with oil products] // Del'ty rek Rossii: zakonornosti formirovaniya, bioresursnyj potencial, racional'noe hozyajstvovanie i prognozy razvitiya: materialy Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii pamyati chlena-korrespondenta RAN D.G. Matishova (g. Rostov-na-Donu, 4–6 sentyabrya 2018 g.) / [gl. red. akad. G.G. Matishov]. – Rostov n/D: Izd-vo YUNC RAN, 2018. – S. 81–84 (In Russian).
6. Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A. Presnovodnye ekosistemy v impactnykh rajonah Rossii [Freshwater ecosystems in impacted regions of Russia]. Rostov-na-Donu: Izd-vo «NOK», 2006. 275 s (In Russian).
7. Reshetnyak O.S., Kondakova M.Yu., Kosmenko L.S., Bryzgalo V.A. Regional'nye osobennosti izmenchivosti strukturnoj organizacii fitoplanktona Nizhnego Dona [Regional features of the variability of the structural organization of phytoplankton of the Lower Don] // Aktual'nye voprosy rybolovstva, rybovodstva (akvakul'tury) i ekologicheskogo monitoringa vodnykh ekosistem: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu Azovskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo hozyajstva. Rostov-na-Donu, 11–12 dekabrya 2018 g., FGBNU «AzNIIRH». Rostov-n/D.: Izd-vo FGBNU «AzNIIRH», 2018. S.352–356 (In Russian).
8. Suhorukov B.L., Reshetnyak N.V., Kovalyova G.E. Ocenka toksichnosti vodnykh ob'ektov v period cveteniya sinezelyonykh vodoroslej metodami distancionnoj spektrometrii vidimogo diapazona [Assessment of water toxicity during the flowering period of blue-green algae by methods of remote spectrometry of the visible range] // Antropogennoe vliyaniye na vodnye organizmy i ekosistemy: sbornik materialov VI Vserossijskoj konferencii po vodnoj ekotoksikologii, posvyashchennoj 80-letiyu so dnya rozhdeniya d.b.n., prof. B.A.Flerova, s priglasheniem specialistov iz stran blizhnego zarubezh'ya. Sovremennyye metody

- issledovaniya sostoyaniya poverhnostnyh vod v usloviyah antropogennoj nagruzki: materialy shkoly-seminara dlya molodyh uchenyh, aspirantov i studentov (Borok, 14–17 sentyabrya 2017 g.). -Yaroslavl': Filigran'. – 2017. S. 91–95 (In Russian).
9. *Suhorukov B.L., Kovalyova G.E., Novikov I.V.* Ocenka trofnosti vodnyh ob'ektov po dannym distancionnoj spektrometrii vysokogo razresheniya vidimogo diapazona [Estimation of water objects trophicity according to high-resolution distance spectrometry data of the visible range] // *Vodnye resursy*. 2017. T.44. № 1. S.79–90 (In Russian).
  10. *Reshetnyak O.S.* Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' struktury bentosnyh soobshchestv i sostoyaniya ekosistem Nizhnego Dona [Spatio-temporal variability of the structure of benthic communities and the state of the Lower Don ecosystems] // *Voda: himiya i ekologiya*, 2018. № 4–6 aprel'-maj-iyun' 2018_new. S. 36–44 (In Russian).
  11. R 52.24.776–2012 Rekomendacii. Ocenka antropogennoj nagruzki i riska vozdejstviya na ustevye oblasti rek s uchetom ih regional'nyh osobennostej [Estimation of anthropogenic load and risk of impact on the estuary areas of rivers, taking into account their regional characteristics]. Rostov-na-Donu: Rosgidromet, FGBU «GHI», 2012. 32 s (In Russian).
  12. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij* [Guidance on methods of hydrobiological analysis of surface water and bottom sediments] / Pod red. V.A. Abakumova. L.: Gidrometeoizdat, 1983. 239 s (In Russian).