

ТОКСИЧНОСТЬ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА РЕКИ ТЕМЕРНИК (г. РОСТОВ-НА-ДОНУ, ЮФО)

Бакаева Е.Н.^{1,2,3}, Игнатова Н.А.^{1,3}, Черникова Г.Г.¹, Рудь Д.А.²

¹Южный отдел Института водных проблем РАН, Россия (344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 198), e-mail: rotaria@mail.ru

²Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону Россия (344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40)

³ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета (344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 198)

Проведены исследования токсичности вод и донных отложений урбанизированного участка р. Темерник методом биотестирования. Использован набор тест-объектов различных трофических групп и систематической принадлежности для определения токсичности компонентов экосистемы реки. Данные биотестирования показали, что токсичность вод и донных отложений р. Темерник неоднородна и по степени, и в пространственном аспекте. На протяжении исследованного участка реки отмечено как острое токсическое действие водной и донной составляющих экосистемы реки, так и отсутствие токсичности. Обнаружены локальные участки острой токсичности. Токсичность компонентов реки связана с нагрузкой промышленных и густонаселенных районов мегаполиса. Выявлено разнонаправленное воздействие на автотрофные и гетеротрофные тест-объекты вод и донных отложений участка реки со складированными на берегу донными отложениями (вынутыми в соответствии с экологической программой оздоровления реки). Их негативное воздействие снижается в последующие годы, что свидетельствует о сохранении процессов самовосстановления реки. Показана положительная тенденция в изменении токсичности компонентов экосистемы после мероприятий по очистке русла реки.

Ключевые слова: токсичность, биотестирование, фитотоксичность, тест-объекты, поверхностные воды, донные отложения, урбанизированные территории.

TOXIC WATER AND SEDIMENTS OF URBANIZED SECTION OF THE RIVER TEMERNIK (ROSTOV-ON-DON, SFD)

Bakaeva E.N.^{1,2,3}, Ignatova N.A.^{1,3}, Chernikova G.G.¹, Rudi D.A.²

¹Southern Division of the Institute of Water Problems of RAS, Rostov-on-Don, Russia (344090, Rostov-on-Don, etc. Stachki, 198), e-mail: rotaria@mail.ru

²South Federal University, Rostov-on-Don, Russia (344090 Rostov-on-Don, st. Zorge, 40)

³Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don (344090, Rostov-on-Don, etc. Stachki, 198)

Conducted toxicity studies of water and bottom sediments of the urbanized area r.Temernik bioassay method. Used a set of test objects of different trophic groups and systematic affiliation to determine the toxicity of components of the ecosystem of the river. Bioassay data showed that the toxicity of water and sediment r.Temernik uniform and in the extent and spatial aspect. Throughout the studied section of the river is marked as acutely toxic components of aquatic ecosystems and the bottom of the river, and the absence of toxicity. Found localized areas of acute toxicity. Toxic components of the river due to the load of industrial and densely populated areas of the metropolis. Revealed multidirectional impact on autotrophic and heterotrophic test objects water and sediments from the river site banked on the shore sediments (laid out in accordance with the environmental improvement program of the river). Their negative impact is reduced in the following years, indicating the preservation of self-healing process of the river. The positive trend in the change of toxic components of the ecosystem after the efforts to clean up the river bed.

Key words: toxicity, bioassay, phytotoxicity, test objects, surface water, sediments, urban areas.

Актуальность исследований. Поверхностные воды являются динамичными и максимально подверженными влиянию городских территорий системами. Загрязняющие вещества, поступающие в поверхностные воды, накапливаются в донных отложениях, создавая вторичное загрязнение рек [1]. В результате в связи с появлением и усилением токсичности возникают экологические риски ухудшения качества воды, изменяются классы

качества воды в городской черте и ниже по течению, происходит трансформация водных экосистем.

Токсическое действие загрязняющих веществ на гидробиоту является одной из главных причин негативных последствий антропогенного загрязнения природных вод. До недавнего времени токсичность природных вод оценивали только химическим методом. Однако токсичность является одной из характеристик качества воды, причем это характеристика биологическая, поскольку способна вызывать нарушения жизнедеятельности водных организмов за счет присутствия в ней вредных веществ [5]. Следовательно, только сама биота может дать нам оценку воздействия загрязняющих веществ. Современные биологические методы оценки качества вод имеют два направления: биоиндикацию и биотестирование.

Биотестирование – это оценка качества воды по ответным реакциям водных организмов, являющихся тест-объектами [2]. Задачей биотестирования является не идентификация загрязняющих веществ и их концентраций, а экологическая интерпретация воздействия всего комплекса содержащихся в воде веществ на живые организмы. Качество воды, определяемое с помощью методик биотестирования, принято оценивать как оказывающее токсическое и/или нетоксическое действие.

Изменение водных масс под влиянием города заключается, первоначально, в перестройке их гидрохимического облика [6], который в значительной степени изменяет и условия существования гидробионтов, и возможности хозяйственного использования воды, в том числе из-за появления в ней токсических свойств. В результате тесной связи с окружающим ландшафтом процессы, происходящие на малом водосборе, быстро отражаются на состоянии реки.

Цель данной работы заключалась в изучении и оценке токсичности вод и донных отложений во временном и пространственном аспектах участка реки Темерник, протекающей через густонаселенные районы г. Ростова-на-Дону. Для этого необходимо было выявить источники загрязнения и выбрать участки реки, доступные для исследования. А также составить набор экологически соответствующих тест-объектов, способных адекватно оценить токсичность вод и донных отложений.

Материал и методы. В основу работы положены материалы собственных биотестовых исследований токсичности вод и донных отложений участка реки Темерник, проведенных совместно Южным отделом Института водных проблем РАН, ФБГУ «Гидрохимический институт» Росгидромета и студентами-геоэкологами Южного федерального университета (2011-2012 гг.). Для анализа привлечены данные исследований,

проведенных в рамках НИР и НОЦ Института водных проблем РАН (2001-2011 гг.), и литературных материалов.

Объектом наших исследований являлись воды и донные отложения урбанизированного участка реки Темерник, протекающей через густонаселенные районы г. Ростов-на-Дону. Схема отбора проб приведена на рисунке 1, наименование точек отбора – в таблице 1.

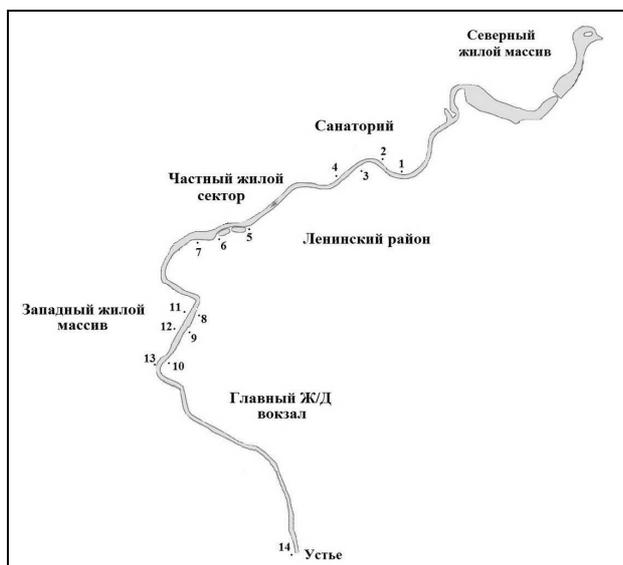


Рис. 1. Карта-схема отбора проб воды и донных отложений на участке р. Темерник, протекающей через г. Ростов-на-Дону, июнь 2012 года (европейская территория России, ЮФО)

Табл. 1. Точки отбора проб на р. Темерник в 2011-2012 годах

1	Санаторий, правый берег (под газопроводом)
2	Санаторий, правый берег (перед мостом)
3	Санаторий, левый берег (после моста)
4	Мост (ул. Вавилова), левый берег
5	В начале зоопарка, левый берег
6	Мост в зоопарке, левый берег
7	Выход из зоопарка, левый берег (дамба)
8	Ботанический сад, левый берег (после ж/д моста)
9	Ботанический сад, левый берег (склад вынутых ДО)
10	Ботанический сад, левый берег (пешеходный мост)
11	Ботанический сад (правый берег, после ж/д моста)
12	Ботанический сад (правый берег, напротив склада вынутых ДО)
13	Ботанический сад, правый берег (ниже склада вынутых ДО на 50 м, пешеходный мост)
14	Устье р. Темерник

Оценку токсичности вод и донных отложений проводили по данным биотестирования, использовали четыре тест-объекта: ветвистоусый рачок *Daphnia magna*, зеленые микроводоросли *Chlorella vulgaris*, личинки комаров *Chironomus plumosus* [7] и семена высшего растения редиса *Raphanus sativus* [8].

Применяли методики острого опыта по гибели дафний *Daphnia magna* и по коэффициенту прироста (КП) численности микроводорослей *Chlorella vulgaris*. Также использовали метод фитотоксичности на семенах *Raphanus sativus* с анализом процента выклева семян, ростового и корневого тестов. Применение биотеста фитотоксичности обусловлено тем, что вода используется местным населением для полива сельскохозяйственных культур на приусадебных участках. Использование именно *Raphanus sativus* в качестве модельного объекта объясняется его невысокими требованиями к наличию питательных веществ в субстрате.

Биотестирование неизменённых мутных проб воды р. Темерник проводили на микроводорослях *Chlorella vulgaris* и семенах *Raphanus sativus*. Для биотеста на рачках *Daphnia magna* мутные пробы воды предварительно фильтровали во избежание

механического забивания их фильтрационного аппарата. Из трех тест-показателей фитотоксичности (выклев семян, ростовой и корневой тесты) для анализа использовали тест-показатель, проявивший наибольшую чувствительность.

Пробы донных отложений р. Темерник представляли собой илистые отложения со специфическим болотистым запахом. Неизмененные (нативные) донные отложения изучали, используя экологически соответствующий тест-объект – личинки комаров *Chironomus plumosus*, и семена *Raphanus sativus*. Водную вытяжку донных отложений изучали, используя биотест по коэффициенту прироста микроводорослей.

Окончательную оценку токсичности вод и донных отложений по результатам нескольких биотестов давали исходя из тест-показателя, проявившего наибольшую чувствительность, т.е. по «худшему результату». Отклонения тест-показателей от контрольных вариантов могли иметь отрицательное значение, указывающее на угнетающее действие исследуемых вод и донных отложений, либо положительное значение, свидетельствующее об их стимулирующем действии.

Все эксперименты проведены в трехкратной повторности. В качестве контроля использовали отстоянную водопроводную воду. В случае донных отложений изменение тест-показателей сравнивали с исходной численностью в связи со сложностью выбора контроля для донных отложений.

Источники загрязнения урбанизированного участка р. Темерник. Темерник – малая равнинная река, протекающая по Ростовской области и являющаяся правым притоком реки Дон. Длина реки – 35,5 км, из них 18 км проходят по территории г. Ростова-на-Дону. Средний уклон реки Темерник 2,3%, ширина русла в среднем до 10 м, глубина – 0,3-0,8 м. Река Темерник является естественным приёмником поверхностного стока с городской и прилегающей к городу местности с площадью водосбора 293 км².

Река Темерник в петровскую эпоху была полноводной рекой, по ней в те времена ходили корабли. В 60–70-х годах прошлого века в районе Ботанического сада и зоопарка на реке была курортная зона с пляжами, лодками, катамаранами и, что важно, чистой водой. В настоящее время эту часть реки нельзя отнести к рекреационной. С развитием города, со строительством Северного жилого массива, частного жилого сектора, садоводческих товариществ в реку стали попадать неочищенные стоки.

В настоящее время на территории бассейна реки Темерник проживает примерно 600 тыс. человек, расположено более 50 предприятий, десятки автозаправочных станций, 16 крупных автомобильных и 3 железнодорожных моста.

На химическое и бактериологическое загрязнение реки оказывают отводимые в неё сточные воды городских канализационных сетей, сток со свалок бытового и строительного

мусора, навозосодержащие сточные воды существующих еще животноводческих ферм, а также стоки с автостоянок, гаражей, мастерских складов ГСМ. Наибольшее загрязнение реки и её притоков происходит от промышленных предприятий.

Принимая весь неоднородный по своему составу сток промышленных и хозяйственно-бытовых объектов город, река Темерник транспортирует их сточные воды в реку Дон. Последний является источником питьевой воды и рыбы, а также зоной отдыха для населения г. Ростова-на-Дону и ниже расположенных по течению населенных пунктов.

Анализ гидрохимических, гидробиологических и токсикологических показателей за период с 1992 по 2001 год выявил катастрофическую ситуацию с качеством вод реки Темерник, протекающей через г. Ростов-на-Дону [3; 4]. Данные биотестирования о токсичности вод реки в этот период полностью подтверждались результатами химического анализа: река практически представляла собой сточную канаву. Опасное состояние р. Темерник, сложившееся в 90-е годы, потребовало пристального внимания специалистов разного профиля, в первую очередь экологов и гидробиологов, а также администрации города Ростов-на-Дону. Была принята «Целевая экологическая программа оздоровления водного бассейна р. Темерник».

Результаты и обсуждение

Токсичность вод и донных отложений реки Темерник, по данным биотестирования 2011 года. Результаты биотестирования вод в 2011 году в районе Ботанического сада ЮФУ на участке со складированными на берегу вынутыми (согласно «Целевой экологической программе оздоровления водного бассейна р. Темерник») в 2010 году донными отложениями показали интересные результаты.

Пробы воды всех точек участка Ботанического сада оказывали стимулирующее действие на автотрофные тест-объекты из числа высших *Raphanus sativus* и низших *Chlorella vulgaris* растений (рис. 2). В то время как на гетеротрофные тест-объекты *Daphnia magna* пробы воды оказывали угнетающее действие, выразившееся в снижении выживаемости рачков. Гибель *Daphnia magna* происходила, несмотря на то что исследуемые пробы мутных вод были освобождены от взвешенных частиц. По левому берегу реки и выше (точка 8), и ниже (точка 10), и в месте складирования вынутых донных отложений (точка 9) выявлено токсическое действие проб воды. Так, значения отклонений коэффициента прироста *Chlorella vulgaris* от контроля варьировали в пределах 82,8-95,5%, корневого теста редиса – 14,1-52,5%. Гибель 50% особей *Daphnia magna* в точке 9 позволила оценить действие воды как острое токсическое. По данным всех трех тест-объектов, наиболее опасными, оказывающими острое токсическое действие, оказались воды реки в месте складирования донных отложений (точка 9).

Пробы воды, отобранные в точках по левому берегу напротив вышеуказанных, не оказывали токсическое действие. Однако значения тест-показателей в точке 12 (напротив точки 9) приближались к верхним значениям принятых критериев.

Тест-объекты из числа животных и растительных гидробионтов ощущали одинаково негативное действие водных вытяжек и неизмененных (нативных) донных отложений в районе Ботанического сада в 2011 году (рис. 3). Так, отмечена гибель *Chironomus plumosus* на 60-86% относительно исходной численности, снижение коэффициента прироста *Chlorella vulgaris* на 60,3-86,4% и выклева семян *Raphanus sativus* на 30,2-83,7%.

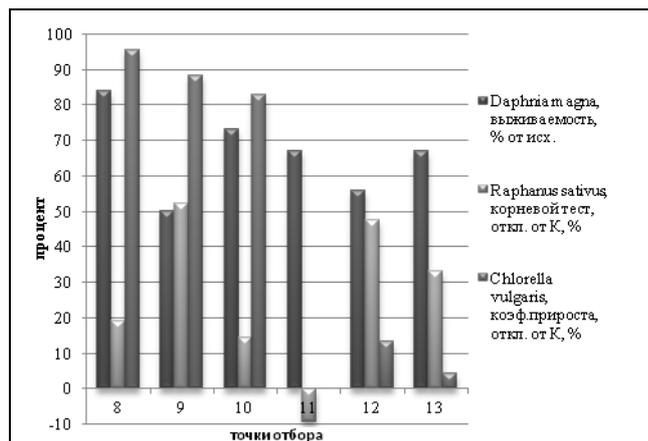


Рис. 2 Значения тест-показателей трех тест-объектов, по данным биотестирования вод участка р. Темерник в районе Ботанического сада ЮФУ в 2011 г. в районе складирования донных отложений (номера точек отбора указаны в табл. 1)

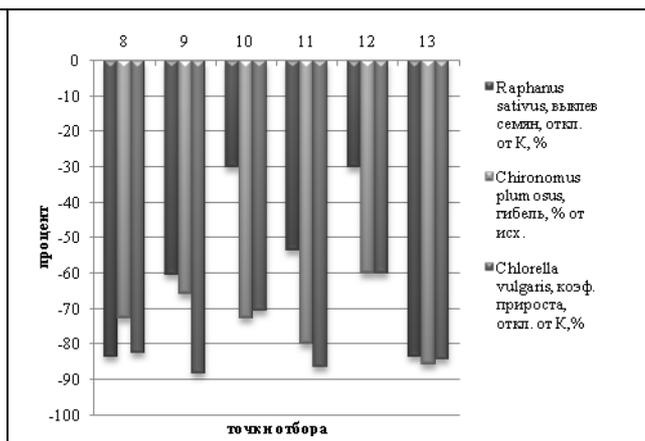


Рис. 3 Значения тест-показателей трех тест-объектов, по данным биотестирования донных отложений участка р. Темерник в районе Ботанического сада ЮФУ в 2011 г. в районе складирования донных отложений (номера точек отбора указаны в табл. 1)

Токсичность проб воды и донных отложений в районе Ботанического связана с изъятием донных отложений, приведшим ко вторичному загрязнению водной толщи и донных отложений в связи с механическим перемешиванием дна русла реки. Стимуляция прироста растительных тест-объектов косвенно свидетельствует о присутствии в воде органических веществ и биогенных элементов, необходимых для развития автотрофов.

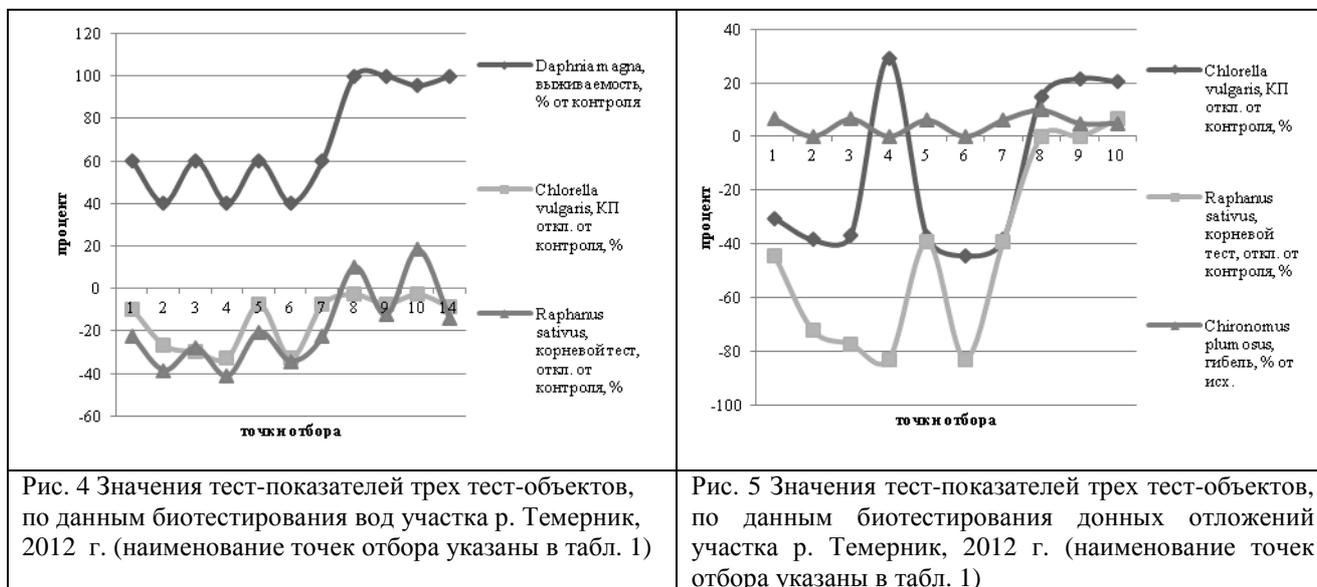
Токсичность вод и донных отложений реки Темерник, по данным биотестирования 2012 года. В районе санатория «Надежда» пробы воды оказывали токсическое действие на все тест-объекты (рис. 4). Это выражалось в угнетении прироста численности *Chlorella vulgaris* и длины корней *Raphanus sativus*, гибели *Daphnia magna*. Качество воды точки 2 квалифицировалось как оказывающее острое токсическое действие.

Далее по течению реки в районе зоопарка пробы воды в одной из трех точек (точка б у моста) оказывали острое токсическое действие. В этой воде погибло 60% *Daphnia magna* и снизился коэффициент прироста численности *Chlorella vulgaris* на 32,7% и на 34,2% – длина корней *Raphanus sativus*.

На участках р. Темерник, расположенных выше Ботанического сада, по данным биотестирования выявлено угнетающее действие вод в районе мостов на все три тест-

объекта (рис. 4). Так, действие вод в точках 2, 4, 6 квалифицировалось как острое токсическое.

Ниже зоопарка в районе Ботанического сада и в устье реки Темерник пробы воды не оказывали токсического действия на все тест-объекты. В районе Ботанического сада по-прежнему выявлено легкое стимулирующее действие на автотрофные тест-объекты, за исключением точки 9 – места складирования донных отложений.



Донные отложения (нативные и водные вытяжки) в районе санатория, моста через ул. Вавилова и в районе зоопарка оказывали токсическое действие во всех исследуемых точках (рис. 6). Интересно, что в районе Ботанического сада токсического действия донных отложений в 2012 году не обнаружено. Вероятно, изъятие донных отложений сказывается в конечном итоге положительно на токсичности вод и донных отложений: спустя некоторое время, после осаждения мутности, связанной с изъятием донных отложений, происходит снижение токсического действия компонентов экосистемы реки.

Наши данные согласуются с проведенными ранее исследованиями. Так, показана положительная тенденция в изменении токсичности вод после мероприятий по очистке реки Темерник и совершенствования оборудования и технологий очистных сооружений г. Ростова-на-Дону [3; 4]. Эти выводы основаны на многолетних (1992-2011 гг.) данных оценки токсичности вод р. Темерник методом биотестирования с использованием трех тест-объектов, в ходе которых были выявлены колебания токсичности вод реки во временном и пространственном аспекте. Указанные двадцатилетние биотестовые исследования были проведены в самом нижнем течении р. Темерник. Наши наблюдения охватывали участок, расположенный выше – урбанизированный срединный участок реки Темерник, пересекающей г. Ростов-на-Дону в густонаселенном районе.

Анализ данных биотестирования показал, что токсичность вод и донных отложений р. Темерник неоднородна и по степени, и в пространственном аспекте. Так, на протяжении исследованного участка реки отмечено как острое токсическое действие водной и донной составляющих экосистемы реки, так и отсутствие токсичности. Выявлены отдельные локальные точки токсичности.

Донные отложения в целом более токсичны, чем поверхностные воды. Ситуация с острой токсичностью вод, выявленная в районе Ботанического сада в 2011 году, обусловлена негативным влиянием складированных на берегу после планового изъятия донных отложений за счет вторичного загрязнения вод и повышенной мутностью за счет механического перемешивания. Снижение токсичности в этом районе в 2012 году связано, вероятно, с частичным поглощением загрязняющих веществ почвой и почвогрунтами. Негативное влияние складированных донных отложений снижается с течением времени.

Список литературы

1. Бакаева Е.Н., Никаноров А.М., Игнатова Н.А. Место биотестирования донных отложений в мониторинге поверхностных вод суши // Вестник Южного научного центра. – 2009. – № 2. – С. 86-92.
2. ГОСТ 27065-86. Межгосударственный стандарт. Качество воды. Термины и определения. - М. : Изд-во стандартов, 1987.
3. Игнатова Н.А. Оценка токсичности вод и донных отложений антропогенно загрязненных экосистем методом биотестирования (на примере бассейна Нижнего Дона) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2009. – 24 с.
4. Игнатова Н.А., Бакаева Е.Н. Качество поверхностных вод городских территорий // Вода и водные ресурсы: системообразующие функции в природе и экономике. Материалы всероссийской научной конференции, Цимлянск, 23–28 июля 2012 г. – Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 207-214.
5. Правила охраны поверхностных вод: Типовые положения. – М. : Госкомприроды СССР, 1991. – 42 с.
6. Приваленко В.В., Безуглова О.С. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – Том 1. Экология города Ростова-на-Дону. - 290 с.
7. РД 52.24.566-94. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем. - М. : ФСР Госкомгидромета, 1994. – 130 с.
8. СанПиН 2.1.7.573-96 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – М. : Минздрав России, 1997.

Рецензенты:

Денисова Татьяна Викторовна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

Фоменко Николай Евгеньевич, доктор геол.-мин. наук, профессор, профессор кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.