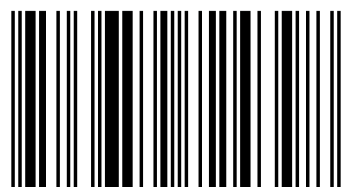


Малые городские водные объекты

Малые водные объекты являются важным элементом городского ландшафта, и в то же время это одна из наиболее уязвимых частей урбоэкосистемы. Практически всегда малые городские водные объекты находятся под сильным антропогенным воздействием. Экологическая реабилитация водных объектов (целенаправленные мероприятия по их восстановлению) может быть эффективной только тогда, когда она строится на базе детального исследования процессов, вызывающих их деградацию. Приведены результаты исследования экологического состояния малых городских водных объектов г. Москва, находящихся на разных стадиях экологической деградации. Изучены гидрохимический режим и качество водной среды. Рассматривается прогноз развития экологической ситуации в водоемах, предлагаются пути их экологической реабилитации. Хотя городские водоемы и водотоки имеют различное происхождение, в их историческом развитии существуют определенные закономерности, обусловленные общим характером изменения экологической и социальной обстановки в процессе урбанизации территории. Предложена схема эволюции различных типов малых городских водных объектов и разработана система балльной оценки состояния городского водного объекта.

Горюнова С.В. – профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и прикладных технологий МГПУ, доктор биологических наук, академик МАНЭБ, академик РЭА, автор более 170 научных публикаций.
Суздалева А.Л. – профессор кафедры инженерной экологии и охраны труда МЭИ, доктор биологических наук, академик МАНЭБ, автор более 150 научных публикаций.



978-3-659-72439-8

Малые городские водные объекты



Светлана Горюнова · Антонина Суздалева

Малые городские водные объекты

экологические проблемы, пути решения

Горюнова, Суздалева


Palmarium
academic publishing

**Светлана Горюнова
Антонина Суздаева**

Малые городские водные объекты

**Светлана Горюнова
Антонина Суздалева**

Малые городские водные объекты
экологические проблемы, пути решения

Palmarium Academic Publishing

Impressum / Выходные данные

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

Palmarium Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

OmniScriptum Publishing Group

Contact: ICS Morebooks! Marketing SRL, 4, Industrialia street, 3100 Balti, Republic of Moldova / Молдова

Email / электронная почта: info@omniscryptum.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

ISBN: 978-3-659-72439-8

Copyright © Светлана Горюнова, Антонина Суздалева

Copyright © 2017 OmniScriptum Publishing Group

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. МАЛЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УРБОСИСТЕМ	3
ГЛАВА 2. РОЛЬ МАЛЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ФОРМИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	11
ГЛАВА 3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ФАЗЫ ИХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ	15
ГЛАВА 4. ЭВОЛЮЦИЯ МАЛЫХ ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ	69
ГЛАВА 5. БАЛЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАЛОГО ГОРОДСКОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	101

ГЛАВА 1. МАЛЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК ВАЖНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УРБОСИСТЕМ

Актуальность проблемы.

«Воды являются важнейшим компонентом окружающей природной среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории, обеспечивают экономическое, социальное, экологическое благополучие населения, существование животного и растительного мира» (Водный кодекс РФ; 2006).

По существу, все антропогенные воздействия – затрагивают ли они литосферу, атмосферу, почву (педосферу) или урбанизированную среду – выходят на гидросферу через атмосферные осадки, почвенный сток, миграцию подземных вод и другие процессы, связанные с круговоротом воды (Сиренко, 1988; Реймерс, 1994; Брагинский, 1998; Абакумов, Семин, 1986; Hall, 1984; Pitt, 2000; Суздалева, Горюнова, 2014; Суздалева, Горюнова, 2017). В зависимости от масштабов производственной деятельности, уровня технологической и экологической культуры разных стран и многих других факторов различные акватории нашей планеты характеризуются разным уровнем деградации водной среды и ее живой составляющей, обусловленной антропогенными воздействиями. Значительная часть пресноводных экосистем и участки многих морских акваторий под влиянием этих воздействий функционируют в режиме высоких нагрузок химических, радиоактивных и иных поллютантов, теплового перегрева, избыточного насыщения биогенными веществами и т.п. В условиях Российской Федерации такие ситуации являются обыденными, поэтому их можно рассматривать как прогностические (предупреждающие) модели тех экстремальных условий, которые могут сложиться в водных экосистемах любых регионов, где производительные силы

развиваются без учета возможных экологических последствий их наращивания (Яншин, Мелуа, 1991).

Постоянно возрастающий уровень антропогенного воздействия на окружающую среду повсеместно приводит к ее деградации, под которой понимается ухудшение качества среды обитания человека, заключающееся в совокупном ухудшении природных и социальных условий (Реймерс, 1994; Данилов-Данильян и др., 2009). Водные объекты играли важнейшую и многоплановую роль в развитии человеческой цивилизации. Их состояние являлось не только одним из основных средообразующих факторов, но и имело весьма большую социально-экономическую значимость. Последние десятилетия характеризуются резким усилением антропогенной нагрузки на водоемы и водотоки. Происходит прогрессирующее ухудшение качества водной среды, что составляет угрозу экологической, продовольственной и национальной безопасности страны. Широкий размах деградационных процессов, происходящих в гидросфере, приводит к различным по своей природе событиям и явлениям.

Проявления процесса деградации водных объектов, который можно определить как утрату ими используемых человеком свойств и ресурсов, по своей природе весьма различны. К ним относятся такие события, как разрушение структурно-функциональной организации водных экосистем, снижение водохозяйственного, рыбохозяйственного и рекреационного потенциалов водных объектов, снижение видеэкологических свойств, определяющих социальную привлекательность территории проживания людей.

Весьма разнородны и причины, обуславливающие антропогенную деградацию водных объектов, к которым можно отнести загрязнение, засорение и эвтрофирование водной среды, изменение гидрологического режима водных систем, строительство и эксплуатацию различных гидротехнических сооружений, нерациональное использование водных ресурсов.

Таким образом, антропогенная деградация водных объектов - это сложный процесс, обусловленный комплексом факторов, связанных с

различными видами человеческой деятельности, сопровождающийся изменением не только экологического состояния водоемов и водотоков, но и их ресурсно-эксплуатационных параметров. Антропогенной деградации подвержены не только природные озера и реки, но и искусственно созданные водоемы, например, различные водохранилища. Эксплуатация этих водных объектов также возможна только при условии сохранения ими приемлемого экологического состояния.

На современном этапе количество водных объектов, находящихся в неудовлетворительном состоянии, неуклонно увеличивается, возрастает и степень их деградации. В соответствии с этим растет и потребность в осуществлении мер, способных воспрепятствовать дальнейшему развитию негативных явлений.

Как показывает анализ имеющихся к настоящему времени материалов, экологическая реабилитация водных объектов (то есть целенаправленные мероприятия по их восстановлению) может быть эффективной только в том случае, если она строится на базе детального исследования процессов, вызывающих их деградацию.

Проблема негативного воздействия человеческой деятельности на гидросферу интенсивно изучается уже более 100 лет. Вместе с тем, несмотря на большое число работ, посвященных глубокому исследованию отдельных аспектов антропогенной деградации водных объектов (главным образом, связанных с различными формами их загрязнения), закономерности, характеризующие развитие этого процесса в целом, изучены недостаточно. В то же время их познание является необходимым условием разработки научно-обоснованной методологии борьбы с этими негативными явлениями. Не существует даже общепринятого определения понятия «деградация водного объекта». В связи с этим, исследование данной проблемы в настоящее время является достаточно актуальным. Основной целью работы является исследование общих закономерностей развития процесса антропогенной

деградации малых городских водных объектов и научное обоснование путей их экологической реабилитации.

Одной из наиболее характерных особенностей развития современного общества является быстрый рост городов. При нынешних темпах рождаемости из прогнозируемой общей численности мирового населения в ближайшие десятилетия 5,5 млрд. человек будут жить в городах. Идет формирование сплошного урбанистического мира.

В настоящее время многие городские реки и пруды находятся в таком состоянии, что одни только природоохранные меры не могут дать желаемого эффекта. Возникает настоятельная необходимость не только охраны, но и инженерно-экологического обустройства этих водных объектов, то есть осуществления специальных инженерно-технических мероприятий по возвращению им экологически приемлемых свойств и качеств.

Последние 150 лет, считающиеся эпохой научно-технической революции, коренным образом изменили характер зависимости человека от природных факторов. Технические нововведения облегчили человеку жизнь, но одновременно позволили ему на время забыть о водных объектах, на берегах которых он селился и жил тысячелетиями. Постепенно городские водные системы – реки, озера, пруды, родники – пришли в запустение, заросли и стали непригодными не только как источники воды, но и как места отдыха, купания. Вместе с тем, вопросы экологического состояния среды проживания в городах сейчас стоят особенно остро. Среда обитания человека – это не только набор физико-химических условий, отвечающих требованиям физиологических процессов. Благоприятные условия существования людей немислимы без определенного уровня социальной привлекательности ландшафта, его эстетического и рекреационного потенциала (Boyden, 1996; Суздалева и др., 1999; Родионов и др., 2004; Безносков и др., 2004; Суздалева, Горюнова, 2004, 2014). Поэтому, несмотря на то, что малые городские водоемы практически повсеместно утратили свои первоначальные функции как источники

водоснабжения населения, вопросы их экологической реабилитации в настоящее время весьма актуальны (Moughtin, Gardner, 1990; Pitt, 2000).

Водные объекты занимают особое место в экологическом каркасе города. Малые реки – одни из главнейших факторов, влияющих на создание благоприятного микроклимата. Санитарно-гигиеническая роль водотоков заключается в повышении влажности воздуха, что важно при большой его сухости, характерной для городов, где большая часть покрытий представлена твёрдыми асфальтовыми покрытиями, а также на создание благоприятного температурного режима. Водная поверхность благоприятно влияет на самоочистительные свойства атмосферного воздуха, поэтому водные объекты могут быть защитной зоной между промышленными предприятиями и городом (Никитин, Мингазова, 2013).

Кроме того, малые водные объекты, подверженные неконтролируемому загрязнению, стали важнейшим фактором ухудшения санитарно-эпидемиологической обстановки в городах. Поэтому восстановление малых водоемов и водотоков постепенно становится одной из первоочередных задач обустройства городской территории. В связи с этим Правительством Москвы была по данной проблеме разработана специальная концепция. Принятие этого документа стало стартовым событием для выполнения ряда программ по благоустройству различных городских водных объектов. Основные результаты, полученные в ходе этих исследований, опубликованы (Суздалева, Горюнова, 2004; 2005; Горюнова, Суздалева, 2005; Горюнова, 2006, Суздалева, Горюнова, 2014).

Общее количество малых водных объектов в крупных городах, как правило, весьма велико. Например, существуют данные, что в 1872 г. в городской черте Москвы, приблизительно занимавшей пространство, ограниченное Садовым кольцом, их насчитывалось около 200 (Шамаро, 1988). В настоящее время на территории Москвы насчитывается около 350 водоемов с площадью более 0,01 га и порядка 100 малых рек и ручьев общей протяженностью 492,568 км (из них 313, 98 км речных коллекторов и 178,60 км

открытых участков) (Пальгунов и др., 1997). На территории столицы осталось всего 9 рек и ручьев, имеющих полностью открытое русло. 57 водотоков полностью заключены в коллекторы. 28 рек и 79 водоемов расположено на особо охраняемых территориях архитектурно-парковых ансамблей. Долины 12 рек и 13 водоемов сами являются уникальными памятниками природы.

Однако еще в конце XIX века количество рек, протекавших по территории современной Москвы, было на 25-30% больше. Огромное отрицательное влияние на малые реки оказало градостроительство: около 90 малых рек Москвы заключены в подземные трубы, на территории города за последнее столетие исчезло более 100 рек и ручьев, более 700 озер, болот и прудов.

Малые водные объекты являются важным элементом городского ландшафта, и в тоже время являются одной из наиболее уязвимых частей урбоэкосистемы.

Практически всегда малые городские водные объекты находятся под сильным антропогенным воздействием. Их водосборный бассейн подвергся полной или частичной трансформации в процессе урбанизации территории. Поэтому, как правило, малые городские водные объекты находятся на той или иной стадии деградации.

Как считает председатель экспертного совета Московского городского общества защиты природы, ответственный редактор Красной книги города Москвы Борис Самойлов, вот уже несколько лет подряд вместо естественных берегов стали устраивать каменные набережные. В прибрежных зонах размещаются автостоянки, стационарные объекты общепита и пикниковые точки, а всю пойменную растительность заменяют примитивными зелеными насаждениями типа «деревья на газоне». Всё это лишает реки и пруды природных качеств, делая их непригодными для обитания большинства представителей водной и околоводной флоры и фауны. В результате такие практически мёртвые водные объекты не только теряют рекреационную привлекательность, но и становятся опасными в санитарном отношении

Как показали наши исследования, большинство малых городских водных объектов г.Москвы находятся на такой стадии антропогенной деградации, что одних только природоохранных мер для приведения их в состояние, отвечающее уровню комфортного проживания людей, недостаточно. Как правило, для этого необходимо осуществление специальных инженерно-экологических мероприятий (Суздалева, Горюнова, 2004;). Однако *успех подобных проектов может быть достигнут только в том случае, когда их разработка осуществляется на основе детальных экологических исследований, позволяющих не только установить причины деградации реабилитируемых водных объектов, но и прогнозировать развитие ситуации в последующий период.* Именно с этими целями проводилось изучение ряда городских водотоков и водоемов, основные результаты которого изложены ниже.

Исследование экологического состояния городских водоемов и водотоков осуществлялось в 2001 – 2006 гг. и в 2008 – 2013 гг. в ходе различных договорных работ, выполненных в лаборатории экологических исследований ООО «Альфамед 2000».

Основными объектами изучения являлись пруды и небольшие реки, расположенные на территории Москвы и ближайшего Подмосковья, территория которого также частично урбанизирована. Кроме того, в работе использованы материалы, полученные при исследовании техногенных водотоков, образовавшихся на территории г.Курчатова (Курская область).

При проведении *гидрохимических анализов* в основном применялись стандартные методы, рекомендованные для использования в лабораториях СЭС и санитарных лабораториях промышленных предприятий (Новиков и др., 1990; Охрана природы ..., 2000).

Из обширного набора гидролого-гидрохимических параметров, использующихся в экологических исследованиях, нами были выбраны несколько основных показателей, которые с одной стороны широко применяются при проведении экологического мониторинга водных объектов, а с другой – входят в действующие природоохранные и водохозяйственные

стандарты. Исходя из этого, в период работы постоянно проводились измерения следующих гидрохимических параметров: температура воды; pH; содержание растворенного кислорода; сухой остаток; перманганатная окисляемость; бихроматная окисляемость (ХПК); минеральные формы азота; фосфаты; биохимическое потребление кислорода (БПК).

ГЛАВА 2. РОЛЬ МАЛЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ФОРМИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Под *малым городским водным объектом* понимают любой водоем или водоток, частично или полностью расположенный на урбанизированной территории, размеры которого сопоставимы с основными элементами городской застройки – зданиями, сооружениями, транспортными магистралями (Суздалева А.Л., Горюнова С.В., 2014). Поскольку урбанизация территории ведет к необратимой трансформации существовавших на этих участках водосборных бассейнов, все малые городские водные объекты представляют собой природно-технические системы и являются продуктом техногенеза того или иного вида. Во многие водные объекты технические компоненты вводятся и в ходе городского благоустройства (облицовка берегов). Нередок и биотический техногенез, осуществляемый в виде целенаправленно изменения биоты этих объектов (посадка декоративных водных растений, зарыбление водоемов и др.). Благополучное экологическое состояние МГВО поддерживается проведением технических мероприятий или даже созданием специальных инженерно-технических систем: отвод загрязненных притоков в канализационную сеть, создание инженерно-мелиоративных устройств (Безносков В.Н. и др., 2007). Без принятия специальных мер эти водные объекты неминуемо деградируют. Это происходит даже в том случае, когда они защищены от попадания в них сточных вод. Примером являются многие пруды в московских дворах, которые при прекращении специальных мер по их содержанию быстро замусориваются и начинают представлять угрозу для здоровья населения, особенно детей (Горюнова С.В., 2006).

Многие малые водные объекты являются частями гидрографической сети города, принимающей его стоки и транспортирующей их в определенный речной бассейн (согласно официальным документам, основной функцией

гидрографической сети г. Москвы является отвод сточных вод с ее территории). Другие можно рассматривать как часть городских систем водоснабжения или водоотведения: многие исследовавшиеся нами водоемы г. Москвы наполняются из городского водопровода, а слив вод осуществляется в городскую канализацию. Кроме того, современные городские водные объекты являются одним из компонентов урбосистемы. Их состояние во многом определяет социальную привлекательность того или иного района городской застройки, ее так называемую «видеоэкологию». Водные объекты играют существенную роль в формировании санитарно-гигиенических условий в городах и могут даже служить источниками распространения инфекционных заболеваний.

Способствуют малые городские водные объекты и формированию на урбанизированных территориях биотопов растений и животных, причем биотический компонент часто достаточно разнообразен. Некоторые исследователи рассматривают территории вокруг этих объектов как рефугиумы (убежища), в которых на урбанизированных территориях сохраняются разнообразные виды растений и животных. Многие виды имеют статус охраняемых (например, занесены в Красную книгу г. Москвы). Так, анализ материала, собранного в 1991–1998 годах на 21 московской речке показывает, что, несмотря на значительные нарушения, а нередко и полное уничтожение отдельных пойменных и приречных участков, на обследованных территориях встречается более 445 видов высших растений – это более 40% видов московской флоры (Чичев А.В., 2000). Местообитания, формирующиеся благодаря существованию малых водных объектов, являются важнейшим фактором, определяющим уровень биоразнообразия городской биоты. Так, на базе некоторых технологических водоемов и очистных сооружений искусственно возникают водно-болотные массивы, уровень биоразнообразия которых чрезвычайно высок. На одном из таких объектов, образовавшихся благодаря функционированию одной из очистных канализационных станций Москвы, за 10 лет наблюдений зарегистрировано 164 вида птиц (65% всей

орнитофауны Московской области), из которых 58 видов гнездились, 42 – регулярно и подолгу обитали на территории во время сезонных миграций (Еремкин Г.С., 1997).

Однако в некоторых биотопах создаются условия для жизни организмов, массовое развитие которых или несбалансированное повышение их численности в городах нежелательно. Эти виды условно можно разделить на три группы:

- организмы, массовое развитие которых *ухудшает экологическое состояние городских водных объектов и их социальную привлекательность*. Жизнедеятельность таких организмов ведет к экологической деградации водного объекта. Прежде всего, это синезеленные водоросли, «цветение» которых весьма характерно для интенсивно эвтрофируемых городских прудов, а также некоторые виды высшей водной растительности (например, ряски, покрывающие сплошным покровом поверхность воды). При отмирании и разложении этой растительности наблюдаются явления вторичного загрязнения, вода начинает издавать неприятный запах. Цветение фитопланктона сопровождается гибелью других представителей водной биоты в результате отравления экзометаболитами и продуктами разложения водорослей. Могут наблюдаться явления заморозов при разложении отмерших организмов. Интенсивное зарастание водоемов приводит к их обмелению за счет накопления донных отложений, в результате чего деградация такого объекта может закончиться его исчезновением (Горюнова С.В., 2006). Чрезмерное развитие на водоемах водоплавающих птиц в ряде случаев обуславливает так называемое «зоогенное загрязнение», ведущее к существенному ухудшению качества воды;

- организмы, развитие которых *ухудшает санитарно-эпидемиологическую обстановку*. К ним относятся кровососущие насекомые, личиночная стадия которых развивается в водной среде, а также другие организмы-переносчики инфекционных заболеваний (птицы, грызуны), размножающиеся или находящие пищу вблизи МГВО. Тепловое загрязнение, характерное для

некоторых из этих объектов, может сопровождаться явлением «вторичного роста» патогенных микроорганизмов в водной среде (Суздалева А.Л., и др., 1999; Суздалева и др., 2015);

- организмы, чрезмерное увеличение численности которых может привести к *снижению уровня биоразнообразия городской биоты*. Примером является увеличение количества ворон, наблюдавшееся на территории Курьяновской станции аэрации, которые интенсивно разоряли гнезда других птиц, обитавших в расположенном рядом музее-заповеднике «Коломенское».

В целом рост биоразнообразия в городах, связанный с существованием малых городских водных объектов, рассматривается как позитивное явление. Разрабатываются и реализуются программы по сохранению и целенаправленному созданию биотопов, служащих рефугими для различных видов, обитающих в пределах урбанизированной территории; проводится интродукция растений и животных, обогащающих городскую биоту и повышающих социальную привлекательность территории.

Одновременно предпринимаются меры по борьбе с массовым развитием нежелательных организмов и ограничению численности отдельных видов (Суздалева и др., 2015). Основной акцент следует делать не на различные способы по уничтожению этих организмов, а на создание условий, не допускающих их развития. Так, при формировании городских прудов желательно придание им корытообразной формы, при которой отсутствуют значительные по площади участки зарастающих мелководий, а также создание специальных подводных террас для высадки пояса макрофитов, задерживающих значительную часть эвтрофикантов, содержащихся в поверхностном стоке с окружающей территории.

ГЛАВА 3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ФАЗЫ ИХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ

Прежде чем перейти к рассмотрению фактических материалов, полученных нами при исследовании городских водных объектов, следует определить критерии оценки их состояния. Данный вопрос чрезвычайно важен для разработки программ по инженерно-экологическому обустройству городских водных объектов и, несмотря на кажущуюся простоту, на практике почти всегда вызывает определенные затруднения.

В отличие от природного водоема, оценка городского водного объекта может одновременно осуществляться с нескольких сторон. Помимо экологического аспекта проблемы практически всегда здесь присутствует еще ряд других: медицинский, культурно-исторический, технико-эксплуатационный, социально-психологический (Голубчиков и др., 2001; Горюнова, Горюнов, 1990; Суздалева, Горюнова, 2014).

Очевидно, что в зависимости от выбранной точки зрения будет существенно отличаться и выбор путей улучшения экологического состояния водных объектов. Так, основной целью мероприятий экологической реабилитации каких-либо природных объектов является восстановление ранее существовавших естественных экосистем. Подобный взгляд иногда высказывается при обсуждении проектов восстановления и сохранения водных объектов, расположенных на урбанизированных территориях. Однако в отношении малых городских водных объектов данный принцип неприменим по целому по ряду причин:

1. Большинство городских водоемов имеет искусственное происхождение – это пруды, создававшиеся людьми для удовлетворения своих нужд. Исходных естественных экосистем как таковых в них никогда не существовало. Более того, без периодического проведения специальных мероприятий (расчистки,

ремонта водосливов и др.) многие городские пруды прекратили бы свое существование.

2. Важнейшим фактором формирования исторического облика малых городских водоемов является характер их хозяйственного использования. Поэтому программы реабилитации городских рек, помимо мероприятий, направленных на улучшения их экологического состояния, часто предусматривают и восстановление старинных гидротехнических сооружений, например, мельничных запруд (Суздалева, Горюнова, 2004; Горюнова, Суздалева, 2005).

3. Принципиальное отличие городских водоемов и водотоков от аналогичных природных водных объектов заключается в том, что они являются не частью природного комплекса (макроэкосистемы данного региона), а входят в состав определенной урбосистемы. Урбосистемы принципиально отличаются от природных экосистем. Это динамично развивающиеся природно-антропогенные системы, состоящие из архитектурно-строительных объектов и трансформированных компонентов природной среды (Калабеков, 2003). Урбосистемы являются средой обитания людей, проживающих в городах и создаются именно для них. Даже сохраняющиеся на урбанизированных территориях элементы природной среды (парковые зоны и др.) предназначаются, прежде всего, для создания благоприятной среды обитания городского населения. Как правило, истинной целью мероприятий, направленных на поддержание природных элементов урбосистем, является не восстановление в них природных сообществ, а сохранение их рекреационного потенциала и видеоэкологических свойств. Для этого, например, во всех парках проводятся расчистки территории от нежелательной растительности, на берегах озер, попавших в зону городской застройки, ликвидируются заболоченные участки и т.д. Таким образом, структурно-функциональная организация урбосистем строится на совершенно иных принципах, чем в природных экосистемах (Калабеков, 2003). Кроме того, урбосистема города отличается от других экосистем массивным потоком энергии и разорванным циклом

круговорота элементов (Hughes, 1974; Hale, 1987). Являясь искусственной экосистемой, город существует за счет притока извне вещества и энергии, сверх получаемых в процессе природных круговоротов (Wolkinger, 1977). Поэтому естественный ход процессов самоочищения и самовосстановления здесь невозможен. Например, подсчитано, что миллионный город потребляет 400-500 млн м³ воды в год, причем примерно 0,9 этого объема сбрасывается в виде сточных вод (Владимиров и др., 1986). Для регенерации такого количества воды необходима площадь водосборного бассейна не менее 20 тыс. км². Реальная же площадь города с населением 1 млн человек во много раз меньше – в среднем 20 тыс. га (Маслов и др., 2002). Таким образом, восстановить естественную экосистему малого водного объекта, водосборный бассейн которого расположен на урбанизированной территории, нереально.

4. Особый случай представляют собой водные объекты, возникшие как побочное и нежелательное последствие урбанизации территории. Например, это открытые участки потоков, формирующихся из сточных вод или скопления грязных вод в искусственных впадинах. Довольно часто само их существование представляет опасность для здоровья людей. Улучшение состояния таких водных объектов принципиально невозможно. Напротив, возникает настоятельная необходимость в разработке проектов их ликвидации.

5. Основная цель мероприятий по улучшению состояния городского водного объекта заключается в создании условий, обеспечивающих его использование городским населением для удовлетворения своих нужд. При этом следует учесть, что на современном этапе характер использования почти всех городских водных объектов принципиально изменился. Например, на протяжении последних 40-50 лет из московских речек и прудов уже не берут воду для хозяйственных нужд и тем более для питья, не используют их для производства энергии, практически не используется и рыбохозяйственный потенциал. Изменилось даже рекреационное использование: многие из этих водных объектов сейчас уже не используются для купания, как всего несколько десятилетий назад. Следовательно, сохранение или восстановление городского

водного объекта не подразумевает восстановление на нем тех видов водопользования, которые были в предшествующие исторические эпохи.

В настоящее время малые городские водотоки и водоемы используются главным образом в двух направлениях: для отвода городских стоков и как рекреационные объекты. При этом важность последнего из них неуклонно возрастает. Малые водные объекты – это основной компонент большинства рекреационных зон, значительно повышающий их видеоэкологический потенциал. Даже создание небольшого пруда в саду около дома принципиально изменяет эстетическое восприятие приусадебного участка (Смирнова, Семенов, 2003). Вместе с тем, следует еще раз отметить, что некоторые водные объекты, возникновение которых явилось побочным эффектом урбанизации, ухудшают экологическое состояние городской территории.

Таким образом, можно сделать заключение, что *на современном этапе основным критерием при оценке состояния городских водных объектов и при разработке мероприятий по их реабилитации является их рекреационная значимость*. Под этим понятием мы подразумеваем не только степень соответствия состояния водного объекта санитарно-гигиеническим нормам, допускающим пребывание на нем людей, но и способность данного объекта удовлетворять эстетическим, видеоэкологическим и социально-психологическим потребностям городского населения (Филин, 1997; Голубчиков и др., 2001, Горюнова, 2006, 2009). Поэтому при определении степени деградации малых городских водных объектов данному критерию придавалось несколько большее значение.

В ходе исследований, проведенных на городских водоемах и водотоках, при определении фазы антропогенной деградации в целом мы исходили из тех же критериев, что при изучении экологического состояния курортной зоны г. Анапа (Горюнова, Безносос, 2004а). Вместе с тем, учитывались и рассмотренные выше особенности данной категории водных объектов. Например, очевидно, что небольшие водоемы, расположенные на урбанизированных территориях, не могут находиться в «равновесной фазе».

Кроме того, при оценке состояния искусственных водных объектов критерий биоразнообразия может найти только ограниченное применение. Наконец, особенностью малых городских водных объектов является то, что из-за сильной трансформации окружающей их территории, некоторые из них уже не подлежат восстановлению.

В соответствии с этим при оценке состояния малых городских водных объектов выделялись следующие фазы антропогенной деградации:

1. Антропогенно-напряженная фаза – свойственна главным образом городским водоемам и водотокам, имеющим естественное происхождение. Качество воды в подобных объектах в целом удовлетворяет водохозяйственным нормативам. Однако наиболее чувствительные к загрязнению виды гидробионтов, в массовом количестве встречающиеся в природных водоемах данного региона, значительно снижают свою численность или полностью исчезают. Водные объекты, находящиеся в антропогенно-напряженной фазе, могут обладать высоким видеоэкологическим потенциалом без создания специальных систем их инженерно-экологического обустройства, то есть осуществления специальных технических мероприятий, направленных на поддержание экологически приемлемого состояния водной среды.

2. Кризисная фаза – процессы самоочищения и самовосстановления периодически уже не справляются с антропогенной нагрузкой и время от времени происходит значительное ухудшение качества вод (цветение, появление у воды гнилостного запаха и др.). Однако коренного изменения рекреационной значимости водного объекта еще не происходит, поскольку через некоторое время его экологическое состояние вновь улучшается. Это улучшение может быть достигнуто путем осуществления простейших водоохранных и реабилитационных мероприятий (например, расчистки дна от наносов или прекращения сброса в них нечистот).

3. Катастрофическая фаза – постоянно неудовлетворительное качество вод. Социальная привлекательность и рекреационный потенциал прибрежных территорий в значительной мере утрачиваются. Улучшение

экологической ситуации может быть достигнуто только путем инженерно-экологического обустройства водоема или его ликвидации.

4. Фаза развития чрезвычайной экологической ситуации.

Существование водного объекта ухудшает санитарно-эпидемиологическую обстановку на городской территории и представляет собой опасность для здоровья населения.

5. Экологический коллапс – водный объект не подлежит восстановлению. Возможно только создание на его месте искусственного имитационного водоема, лишь внешне напоминающего утраченный водный объект или его отдельный участок. Довольно часто городские водные объекты, находящиеся в состоянии коллапса, представляют собой опасность для здоровья городского населения.

Рассмотрим несколько примеров.

Река Жужа (экологический коллапс)

Общая характеристика. Проект реконструкции мельничного пруда разрабатывался в рамках Программы благоустройства и музеефикации территории Государственного историко-архитектурного и природно-ландшафтного музея-заповедника «Коломенское». В цели этой программы входило воссоздание в Коломенском различных культурно-исторических объектов. Однако исторические сведения собственно о реке Жужа и характере ее использования относительно скудны. Дошедшие до нас источники - это главным образом материалы, повествующие о дворцовом комплексе и храмах. Маленькая речушка, протекающая через расположенное вблизи от них село, никого не интересовала. Она была просто привычной частью ландшафта тех эпох. Неизвестна даже точная этимология гидронима «Жужа» (Насимович, 1998).

Река Жужа (Коломенский ручей) является правым притоком р.Москвы. При постройке жилого массива Нагатино, а также транспортных магистралей этого района р. Жужа была заключена в железобетонный коллектор диаметром

3 м. В настоящее время этот водоток выходит на поверхность только в районе своих истоков и в районе устья, вблизи от места ее впадения в р. Москву. Таким образом, в настоящее время р. Жужа представляет собой фрагментарно сохранившийся водный объект. Открытый участок р. Жужи, расположенный после выпуска реки из подземного коллектора, имеет длину около 260 м до впадения в русло р.Москвы. Русло ручья заглублено в поверхность 1-ой надпойменной террасы на 4-5 м, берега имеют значительную (крутизну 20-60^о). Пойма на открытом участке практически отсутствует. Береговые склоны и русло сильно загрязнены мусором, засоряющими предметами (фото 1). Местами в русле встречаются остатки каких-то сооружений неизвестного назначения (засоряющие объекты) (фото 2). В целом приустьевый участок русла Жужи – это овраг с крутыми обваливающимися склонами. Пребывание людей, в особенности детей, на этом участке территории музея-заповедника небезопасно.

Каких-либо видов водной растительности или водных животных в русле р. Жужи нами не обнаружено. Исключением является только место впадения её в р.Москву. Здесь встречены тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) и отдельные экземпляры широко распространенных видов брюхоногих моллюсков: живородки (*Viviparus contectus* Milet), прудовика (*Lymnaea stagnalis* L.) и катушки (*Planorbis planorbis* L.). Кроме того, на берегу найдена створка двустворчатого моллюска – беззубки (*Anodonta piscinalis* Milsson)

Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды для гидрохимических анализов производился на следующих участках:

- станция №1 – сброс вод из закрытой части р. Жужи;
- станция №2 – р. Жужа в 100 м ниже сброса;
- станция №3 – р. Жужа в районе ее впадения в р. Москву;
- станция №4 – р. Москва выше устья р. Жужи;
- станция №5 – р. Москва в 50 м ниже устья р. Жужи.

В этих же точках производился отбор проб воды для биотестирования. Синхронный отбор проб воды на этих участках преследовал следующие цели:

определить качество вод р. Жужи на участке ее выхода из трубопровода; определить качество вод р. Жужи, поступающих в р. Москву; оценить изменения в гидрохимическом составе вод при их прохождении через открытый участок р. Жужи.

В зимний период температура вод, сбрасываемых из закрытого участка р. Жужи, была значительно выше естественного уровня (в феврале отмечено значение температуры 9.6°C , тогда как температура воды в р. Москве равна 3.6°C). Это свидетельствует о том, что данный водоток в значительной мере формируется за счет различных городских стоков. Вместе с тем, признаков теплового загрязнения р. Москвы в районе впадения р. Жужи (температура воды 3.70°C) не отмечено.

Показатель рН в р. Москве в период наблюдений колебался в пределах 7,5-8,0. В сбросе вод из закрытого участка р. Жужи в ряде случаев значение рН было несколько более высоким, что весьма характерно для стоков с урбанизированных территорий (Куприянов, 1977; Янин, 2002). Значения показателей (сухой остаток, перманганатная окисляемость, бихроматная окисляемость, БПК₅) в водах р. Жужи в подавляющем большинстве случаев также были выше, чем в р. Москве (величина сухого остатка достигала значений 3220 – 3560 мг/л, максимальные значения перманганатной окисляемости фиксированы на уровне 20.4 – 22.5 мгО₂/л; отмечены максимальные значения показателя БПК₅ (биохимическое потребление кислорода): 9.61 – 11. 00 мгО₂/л. Содержание фосфатов в водах р. Жужи в большинстве случаев было чрезвычайно высоко (2.26 - 3.35 мг/л). Уровень их концентрации, отмеченный в данном водотоке, скорее характерен не для речных вод, а не для сточных.

Фото 1. Русло р. Жужи в районе сброса вод из закрытого участка
(август 2006 г.)



Таким образом, поступление вод из р. Жужи можно рассматривать как один из источников эвтрофирования р. Москвы.

Сравнение данных гидрохимических анализов с действующими нормативами (Охрана природы, ... 2000) свидетельствует о том, что качество вод в р. Жужа в отдельные периоды соответствует неочищенным сточным водам.

При проведении биотестирования вод токсический эффект был отмечен только в пробах, взятых летом. Воду, сбрасываемую из закрытого участка р. Жужи в этот период, можно было рассматривать как гипертоксичную ($ЛВ_{50} < 1ч.$) (Суздалева, Горюнова 2005).

Прогноз развития экологической ситуации и рекомендации по ее улучшению. Как свидетельствуют результаты проведенных исследований, рекреационная ценность и экологическое состояние территории музея-заповедника «Коломенское» в районе приустьевое участка р. Жужи находятся на весьма низком уровне. Без осуществления мероприятий по

инженерно-экологическому обустройству ситуация может ухудшиться в результате:

- возникновения на территории музея-заповедника необустроенного и замусоренного участка, посещение которого представляет угрозу для жизни и здоровья посетителей, в особенности – детей (падения с обрушивающихся склонов оврага, контакт со сбросными водами и др.);

- сохранения неблагоприятной экологической ситуации и невозможности использования данного участка для сохранения ценных видов животных и растений, обитающих на территории «Коломенского»;

- продолжающегося сброса неочищенных сточных вод и дальнейшего засорения русла приустьевое участка р. Жужа;

- возможного ухудшения санитарно-эпидемиологической обстановки, связанного с открытым сбросом неочищенных стоков с городской территории.

Следовательно, на основании результатов проведенных исследований можно было бы рекомендовать ликвидировать приустьевой участок р. Жужа, путем засыпки оврага и отвода протекающих по его дну потока сточных вод на очистные сооружения. Вместе с тем, без восстановления мельничного пруда нельзя реконструировать и облик средневекового подмосковного села, которое планируется использовать в качестве этнографического музея. В этой связи следует отметить, что по названию реки называлась и улица Жужа, ранее существовавшая в селе Коломенское. Коломенское – очень старое село, по преданию, его основали жители г. Коломны, бежавшие в Москву при нашествии татарского хана Батые (Рысин, 2000). По-видимому, в отдельные исторические периоды приустьевой участок р. Жужи действительно использовался в качестве мельничного пруда. Однако материалы, позволяющие сколько-нибудь точно воссоздать его исторический облик, отсутствуют.

Основная сложность заключалась не в разработке технической стороны проекта по реконструкции мельничного пруда и самой мельницы, а в поисках комплексного решения, позволяющего восстановить эти объекты, создав вокруг них приемлемую экологическую обстановку, по возможности внешне

напоминающую облик подобных водоемов в определенную историческую эпоху. Очевидно, что идеального решения этой проблемы быть не может. Попытка создания участка экологической среды, например, XVII века, внутри Московского мегаполиса представляет собой заведомо нереальную задачу.

Река Жужа, когда-то представлявшая собой небольшую чистую речку, на берегу которой строились поселения и возводились мельничные плотины, уже давно превратилась в канаву, используемую для сброса городских сточных вод в р. Москву. Очевидно, что простое сооружение мельничной плотины в устье р. Жужа привело бы к возникновению на территории музея-заповедника сильно загрязненного водоема, в котором бы аккумулировались различные загрязнители, поступающие сюда со сточными водами. По своей сути, этот водный объект ничем не отличался бы от простейшего приемника-накопителя сточных вод. Таким образом, попытка восстановления исторического облика данного участка реки не только бесперспективна, но и опасна с санитарно-эпидемиологической точки зрения. Поэтому еще на самых первых этапах разработки проекта возник вопрос: «Возможно ли выработать решение, позволяющее воссоздать исторический облик водного объекта и обеспечить приемлемые санитарно-гигиенические и экологические условия на проектируемой территории?» Как показали результаты исследований, ранее проводившихся в ООО «Альфамед 2000» (Безносов и др., 2004), сохранившиеся участки сильно деградировавших городских малых рек (т.е. полностью утративших свой водохозяйственный и рекреационный потенциалы), расположенные в пределах парковых территорий, можно превратить в водоемы рекреационного назначения. Для этого необходимо проведение *следующих мероприятий* по их инженерно-экологическому обустройству:

- изоляция реконструируемых водоемов от городских стоков, что реализуется в форме полного разобщения сохранившегося участка русла от других частей водотока и отвод загрязненных вод в систему городской ливневой канализации;

- заполнение образовавшегося изолированного фрагмента русла (после его предварительной расчистки) чистой водой и создание циркуляционной системы, в которой вода движется по замкнутому контуру (Волшаник и др., 2003). В закрытую часть контура встраиваются узлы по очистке, аэрированию и кондиционированию водной среды (Богданов и др., 2000);

- создание экологического дизайна нового водоема и формирование биотического комплекса (создание зарослей прибрежной растительности на открытых участках контура, зарыбление), организация водопадов-аэраторов и др. Возможно частичное восстановление некоторых природно-ландшафтных особенностей этого участка и использование его как объекта городского любительского рыболовства.

Несомненно, что водоем, возникающий в результате реализации этой программы, не является восстановленным водотоком, а представляет собой *воссозданный природно-техногенный водный объект, существование которого поддерживается благодаря постоянной или периодической работе циркуляционно-восстановительной системы.* Для обозначения подобных проектов нами предложен специальный термин – имитационные водоемы» (Суздалева, Горюнова, 2004). Подобный имитационный водоем, наполняемый водой из р. Москвы, выбран в качестве основы для разработки проекта реконструкции мельничного пруда на р. Жужа.

Техногенный водоем в 14-микрорайоне г. Зеленограда (экологический коллапс)

Общая характеристика. Водный объект расположен в полосе между линией Октябрьской железной дороги и оживленной городской автотрассой. Первоначально он образовался в результате подпруживания потоков ливневых и талых вод у железнодорожной насыпи и, вероятно, был временным водоемом, наполнявшимся только в период снеготаяния и во время продолжительных дождей. Впоследствии при строительстве гаражей и других хозяйственных объектов, расположенных вдоль линии железной дороги, для отвода вод были

вырыты канавы (фото 2) и небольшой накопительный пруд-резервуар (фото 3). Организация этого техногенного водоема производилась по инициативе землепользователей с целью осушения их участков. В настоящее время техногенный водоем в 14-ом микрорайоне сильно замусорен и загрязнен. На его берегах образовались большие кучи мусора производственного, строительного и бытового генезиса. На многих участках суммарная мусоромасса превышает 10 кг/м^2 , при 100%-ной плотности засорения. Значительная часть агентов засорения относится к группе агрессивных (Безносов, Суздалева, 2005), их попадание в воду может вызвать значительное ухудшение экотоксикологической ситуации. Например, это полузатопленные кучи банок из-под лакокрасочных материалов и средств бытовой химии. Источниками наполнения данного водоема служат не только ливневые и талые воды, в него осуществляется несанкционированный сброс сточных вод с территории расположенных поблизости хозяйственных объектов. В результате уровень загрязнения его вод весьма высок. Вместе с тем, при обследовании техногенного водного объекта в 14-ом микрорайоне были обнаружены различные водные организмы, наличие которых указывает на то, что этот водоем является постоянным и существует достаточно продолжительное время. Фото 2. Техногенный водоем в 14-ом микрорайоне г. Зеленограда (канавы для отвода стоков)



Из полупогруженной высшей водной растительности обнаружены: частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.) и стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.). Местами встречаются небольшие куртины тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) и рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.). На дне отмечены плотные заросли роголистника (*Ceratophyllum demersum* L.) и элодеи (*Elodea canadensis* Michx.) В массовом количестве эти виды развиваются только в сильно эвтрофицированных водных объектах. Из плавающих форм в массовом количестве обнаружены ряска трехдольная (*Lemna trisulca* L.) и ряска маленькая (*Lemna minor* L.) Кроме того, летом здесь бурно развиваются зеленые нитчатые водоросли, что также является признаком сильного эвтрофирования вод (Федоров, Капков, 2000). Из водных животных в значительном количестве обнаружен только устойчивый к загрязнению большой прудовик (*Lymnaea stagnalis* L.).

Фото 3. Техногенный водоем в 14-ом микрорайоне г. Зеленограда (пруд-накопитель)



Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды проводился в следующих точках:

- станция №1 – начало канавы для отвода вод (около гаражей);
- станция №2 – канава поблизости от места впадения в пруд-накопитель;
- станция №3 – пруд-накопитель.

Признаков теплового загрязнения в период съемок отмечено не было. Высокие значения показателя рН свидетельствуют о щелочной реакции среды, особенно в отводной канаве. Вероятно, это обусловлено наличием в этой части водоема большого количества строительного мусора, в т.ч. куч шпаклевки, извести. Целый комплекс гидрохимических показателей (сухой остаток, перманганатная окисляемость, ХПК, БПК₅, фосфаты) указывает на сильное загрязнение и интенсивное эвтрофирование техногенного водоема в 14-ом микрорайоне. В целом, полученные результаты свидетельствуют о том, что качество вод в этом водном объекте на современном этапе не соответствует действующим природоохранным и водохозяйственным нормативам (Охрана природы ..., 2000).

В экспериментах по биотестированию токсический эффект был отмечен только в период зимней съемки. Проба воды, взятая на ст. №1, характеризовалась как гипертоксичная ($ЛВ_{50} < 1$ ч), на ст. №2 – высокотоксичная ($ЛВ_{50} < 24$ ч). Однако в пробах из пруда-накопителя, взятых в тот же период, гибели тест-объектов не отмечено.

Оценка экологической ситуации. Рекреационной значимости техногенный водоем в 14-ом микрорайоне не имеет. Вместе с тем, в теплое время года на его берегах периодически появляются группы детей, которые во время различных игр (катание на самодельных плотках и др.) контактируют с сильно загрязненной и периодически токсичной водой. С большой долей уверенности можно также предположить, что этот водный объект является неблагополучным и с санитарно-эпидемиологической точки зрения. Поэтому его наличие на городской территории представляет собой опасность для здоровья людей.

Дальнейшее развитие экологической ситуации может идти только в направлении ухудшения качества вод по мере накопления в них различных загрязнителей, в том числе и токсичных веществ. Организация контроля за загрязнением и засорением техногенного водоема в 14-ом микрорайоне (его экологическая защита и охрана) не может дать реальных результатов в силу его местонахождения и источников формирования вод.

На основании полученных материалов можно сделать следующее заключение: поскольку данный водоем имеет сугубо техногенное происхождение, не имеет какой-либо культурно-исторической ценности, а основными источниками его наполнения являются поверхностный смыв с автотрассы, железнодорожного полотна и различные городские стоки, *программа инженерно-экологического обустройства может заключаться только в разработке и реализации проекта его ликвидации.* Таким образом, *состояние водного объекта в 14 районе г. Зеленограда можно оценить как «экологический коллапс».*

Водотоки, образовавшиеся на сбросах ливневой канализации г. Курчатова (экологический коллапс)

Общая характеристика. Включение этих водотоков в число объектов наших исследований объясняется тем, что, несмотря на источник формирования вод и санитарно-гигиенические условия, они также используются населением в рекреационных и хозяйственных целях. Поэтому объективная оценка их экологического состояния (степени антропогенной деградации) представляет собой достаточно актуальную задачу. Ниже приводится описание исследованных техногенных водотоков.

1. Водоток, образовавшийся из сбросов городской ливневой канализации №3 г. Курчатова (фото 5). Из выхода ливневки берет начало ручей длиной около 1 км, который затем впадает в Курчатовское водохранилище (водоем-охладитель Курской АЭС). Окружающая этот водоток территория не обустроена и покрыта густой труднопроходимой древесно-кустарниковой растительностью. Вблизи выхода из ливневки в результате подпруживания сточных вод образовалась

достаточно большая заболоченная территория, покрытая тростником, рогозом и другими формами гидрофильной растительности. Наблюдается формирование низинного болота. Еще ниже образовался достаточно крупный водоем (протяженностью несколько десятков метров) прудового типа с заболоченными берегами, в котором происходит аккумуляция сточных вод и их стагнация. Избыток воды из пруда стекает в водоем-охладитель по ручью, русло которого также заросло тростником и рогозом. Территория, прилегающая к ручью и пруду, несмотря на антисанитарное состояние, интенсивно используется в рекреационных целях. В летнее время здесь часто устраиваются пикники.

Фото 4. Выход городской ливневой канализации №3



Несмотря на то, что водоток формируется почти исключительно из вод, стекающих с территории 50-тысячного г. Курчатова, его флора и фауна отличаются относительным богатством. Весьма многочисленны некоторые виды брюхоногих моллюсков (массовые формы прудовики и катушка) и личинки насекомых (различные виды стрекоз, поденок и хирономид). В ходе обследований здесь также неоднократно отмечались скопления мальков рыб.

Среди погруженной водной растительности доминирует роголистник (*Ceratophyllum demersum* L.). По берегам водотока образовались мощные заросли тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Местами также встречаются отдельные пятна рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.).

2. Водоток, образовавшийся из несанкционированного сброса сточных вод. Он не обозначен на плане города, но, по-видимому, также является выходом городской ливневой канализации. Длина до впадения в Курчатовское водохранилище составляет приблизительно 700 м. Местность почти вся покрыта огородами. Сточные воды образуют постоянный ручей, текущий в водоем-охладитель. Его берега заросли тростником и рогозом, водная растительность и макрофауна носит тот же характер, что в ранее описанном водотоке. Однако участков стагнации здесь не обнаружено. В летнее время вода интенсивно разбирается для полива огородов. В непосредственной близости от выхода ливневки местными жителями оборудовано место для отдыха скамейками.

По берегам водотока образовались мощные заросли тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Местами также встречаются отдельные пятна рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.).

3. Водоток, образованный в результате неорганизованного стока вод с подсобного хозяйства Курской АЭС. По его руслу эпизодически происходит сброс канализационных стоков при авариях на городских очистных сооружениях. Водоток протекает по оврагу, покрытому древесно-кустарниковой растительностью. На одном из склонов за гаражами образовались обширные свалки. Само русло также замусорено (мусоромасса на большинстве участков составляет 1,5 – 1,8 кг/м² при средней плотности засорения 25-30%). Однако, несмотря на это, местными жителями здесь также оборудовано место для «отдыха».

Каких-либо представителей макрофауны и погруженной водной растительности здесь не обнаружено. Вероятно, их отсутствие объясняется

гибелью в периоды аварийного сброса вод городской канализации. На берегах местами существуют заросли тростника южного.

Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб осуществлялся в следующих точках:

станция №1 – сброс вод из выхода ливневой канализации №3;

станция №2 – пруд, образовавшийся на данном водотоке;

станция №3 – район выхода водотока из ливневки №3 в Курчатовское водохранилище;

станция №4 – несанкционированный сброс из городской ливневой канализации;

станция №5 – район выхода данного водотока в Курчатовское водохранилище;

станция №6 – водоток, образовавшийся на сбросе вод с территории подсобного хозяйства в районе оборудованного «места отдыха».

В пруду (ст. №2) содержание растворенного кислорода в период всех съемок было весьма низким. Вода постоянно имеет отчетливый запах сероводорода. Судя по значениям показателя бихроматной окисляемости (ХПК), наиболее высоко содержание органических веществ в пруду (ст. №2). Это еще раз указывает на то, что данный объект представляет собой накопитель загрязнителей. Органическое вещество в пробах воды из этого участка, вероятно, имеет смешанное происхождение. Часть его поступает с водами ливневой канализации (аллохтонная органика). Основная же его часть (автохтонное органическое вещество) является продуктом разложения растительной массы, образовавшейся на сильно эвтрофированных стоках с городской территории. На это указывает увеличение значений перечисленных выше гидрохимических показателей на ст. №2, по сравнению со ст. №1.

Загрязнение сточных вод иногда происходит по пути их движения от выхода городской ливневой канализации до водоема-охладителя. Так, обогащение вод органическим веществом отмечалось в августе в точке №5, по сравнению с точкой №4. Скорее всего, это связано с тем, что на территории, прилегающей к водотоку, местными жителями организованы многочисленные огороды. По нашим наблюдениям, ливневые воды используются не только для

полива, но и для мытья выкопанных овощей и сельхозинвентаря от земли, что также является источником загрязнения.

Загрязнение сточных вод иногда происходит по пути их движения от выхода городской ливневой канализации до водоема-охладителя. Так, обогащение вод органическим веществом отмечалось в августе в точке №5, по сравнению с точкой №4. Скорее всего, это связано с тем, что на территории, прилегающей к водотоку, местными жителями организованы многочисленные огороды. По нашим наблюдениям, ливневые воды используются не только для полива, но и для мытья выкопанных овощей и сельхозинвентаря от земли, что также является источником загрязнения.

В большинстве случаев уровень БПК₅ превышает 4 мгО₂/л, что в соответствии с «Эколого-санитарной классификацией поверхностных вод суши» (Романенко и др., 1990) позволяет исследованные техногенные водотоки отнести к разрядам 4б «сильно загрязненные воды» – 5а «весьма грязные воды».

При проведении биотестирования достоверное увеличение гибели дафний (по сравнению с контрольным опытом) было отмечено только в пробах, взятых на ст. №2 (пруд) в летне-осенний период. Исходя из показателя ЛВ₅₀, воду здесь в отдельные периоды можно квалифицировать как гипертоксичную.

Сравнение результатов гидрохимических анализов с действующими нормативами (Охрана природы ..., 2000) показало, что качество вод в исследованных водотоках по целому комплексу показателей не соответствует допустимым нормам. Как и следовало ожидать, диапазон значений определяемых параметров был характерен для неочищенных городских стоков, каковыми данные водотоки и являются.

Оценка экологической ситуации и рекомендации по инженерно-экологическому обустройству. Исследованные техногенные водотоки практически полностью формируются из сточных вод, поступающих с территории г. Курчатова и его промышленно-бытовых объектов. Рекреационное использование прибрежных территорий недопустимо, также как

и использование вод для полива огородов и других хозяйственных нужд. Следовательно, состояние этих водных объектов можно оценить как экологический коллапс.

На основании полученных результатов дирекции Курской АЭС и органам муниципального управления г. Курчатова даны следующие *рекомендации по ликвидации техногенных водотоков*:

1. Отвести воды ливневой канализации в обводной канал, огибающий по периметру Курчатовское водохранилище и впадающий в р. Дичня. Запретить использование сточных вод для хозяйственных целей.

2. Ликвидировать сток с подсобного хозяйства АЭС и предусмотреть отвод залповых выбросов канализационных стоков при авариях на городских очистных сооружениях в пруды-накопители.

Пруд на Феодосийской улице (катастрофическая фаза)

Общая характеристика. Оценка состояния пруда на Феодосийской улице проводилось лабораторией экологических исследований ООО «Альфамед 2000» на договорной основе в ходе разработки проекта его экологической реабилитации (Восстановление и экологическая реабилитация, 2005). Водный объект расположен на территории Юго-Западного административного округа г. Москвы в микрорайоне Северное Бутово, по адресу ул. Феодосийская д., 11а.

Первоначально этот водоем представлял собой деревенский пруд, использовавшийся в различных хозяйственно-бытовых целях. Впоследствии он оказался в пределах городской застройки. Однако работ по его благоустройству практически не проводилось, за исключением организации отвода излишка вод в расположенный вблизи его берега колодец городской ливневой канализации. В настоящее время площадь зеркала пруда составляет 0,15 га. Абсолютная отметка уровня воды в пруде составляет 175,4м. Средняя глубина пруда 0,92м, максимальная глубина 1,66м, длина береговой линии 152,2 м.

Акватория пруда и прибрежная территория сильно засорены (фото 6). Общая мусоромасса в прибрежной зоне пруда в летне-осенний период

составляла в среднем 0,8– 1,2 кг/м², местами до 3,0 – 4,2 кг/м², при плотности засорения 75%. Преимущественно это перемещающийся медленно- и трудно разрушающийся мусор бытового генезиса (полиэтиленовые пакеты, пластиковые бутылки, жестяные банки, бумага) и агенты засорения биогенного генезиса (листья, ветки). Характер локализации агентов загрязнения по акватории пруда близок к равномерному распределению. Прибрежная защитная полоса и береговые откосы вытоптаны, дерн частично отсутствует, что способствует значительному эрозионному смыву загрязненных почв в водоем. В настоящее время в пруд как самотеком, так и через отводящую трубу с территории, занятой автостоянками, автосервисом и МНИИРС, поступают неочищенные поверхностные ливневые и талые воды. Этот отвод сточных вод является несанкционированным. Наблюдается весьма интенсивное вторичное загрязнение пруда, происходящее за счет разложения скапливающегося в нем листового опада. Флора и фауна пруда отличаются крайней бедностью. Во время проведения исследований летом 2004 г. нами были обнаружены следующие виды высшей водной растительности:

LEMNACEAE (Рясковые)

Lemna trisulca L. - Ряска трехдольная

Lemna minor L. - Ряска маленькая

Lemna gibba L. - Ряска горбатая

GRAMINEAE (POACEAE) (Злаки)

Glyceria maxima (Hartm.) Holmb. - Манник большой

HYDROCHARITACEAE (Водокрасовые)

Elodea canadensis Michx. - Элодея канадская или Водяная чума

Hydrocharis morsus-ranae L. - Водокрас лягушачий

CERATOPHYLLACEAE (Роголистниковые)

Ceratophyllum demersum L. - Роголистник погруженный

LENTIBURIACEAE (Пузырчатковые)

Utricularia vulgaris L. - Пузырчатка обыкновенная

POTAMOGETONACEAE (Рдестовые)

Potamogeton perfoliatus L. - Рдест пронзеннолистный

ALISMATACEAE (Частуховые)

Alisma plantago-aquatica L. - Частуха подорожниковая

Sagittaria sagittifolia L. - Стрелолист обыкновенный

BUTOMACEAE (Сусаковые)

Butomus umbellatus L. - Сусак зонтичный

SPARGANIACEAE (Ежеголовниковые)

Sparganium erectum L. - Ежеголовник прямой
Sparganium simplex Huds. - Ежеголовник простой

Сплошного вдольберегового пояса водные растения ни на одном из участков пруда не образуют. Большинство видов обнаружено лишь в виде отдельных экземпляров или, реже, в виде небольших пятен, состоящих из нескольких растений. Наиболее массовые виды – это ряски, покрывающие значительную часть зеркала пруда, и стрелолист. Данная растительность не повышает рекреационной или видеоэкологической ценности водного объекта. Напротив, его поверхность, заросшая ряской, тиной и стрелолистом, производит впечатление замусоренного болота (фото 5), что снижает социальную привлекательность территории в целом. Из представителей зообентоса в исследуемом пруду были обнаружены только единичные экземпляры моллюсков и водных личинок насекомых. Никаких видов, относящихся к категории охраняемых, среди них не отмечено. Ниже приведен список видов зообентоса, обнаруженных при проведении гидробиологических исследований:

ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ (BIVALVIA)

Pisidium amnicum O.F. Muller

БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ (GASTROPODA)

Viviparus contectus Milet

Lymnaea stagnalis L.

Lymnaea auricularia L.

Lymnaea ovata Draparnaud

Planorbis planorbis L.

ЛИЧИНКИ ВОДНЫХ НАСЕКОМЫХ

СТРЕКОЗЫ (ODONATA)

Coenagrion puella L.

Coenagrion pulchellum Van der Linden

ПОДЕНКИ (EPHEMEROPTERA)

Ephemera vulgata L.

Cloen dipterum L.

ДВУКРЫЛЫЕ (DIPTERA)

Chironomus plumosus L.

Limnochironomus nervosus Staeger

Из рыб при проведении исследований была обнаружена только молодь бычка ротана-головешки (*Percottus glenhi* Dybowski). По сведениям, полученным от местных жителей, до недавнего времени в пруду также встречался карась (*Carassius auratus* L.).

Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды для гидрохимических анализов производился в июле, октябре и в феврале в следующих точках:

станция №1 – у северного берега пруда;

станция №2 – у восточного берега пруда;

станция №3 – у южного берега пруда;

станция №4 – у западного берега пруда;

станция №5 – несанкционированный выпуск сточных вод с прилегающей территории;

станция №6 – водосброс в восточной части пруда.

Синхронный отбор проб воды в этих точках преследовал следующие цели: определить качество вод в пруду; определить качество вод, поступающих в пруд из несанкционированного выпуска; определить качество вод, сбрасываемых из пруда в ливневую канализацию.

Данные по температуре свидетельствуют о том, что термический режим исследуемого водоема характеризуется естественной сезонной динамикой. Поступление несанкционированного стока не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на температурный режим.

В летне-осенний период содержание кислорода было относительно высоко (3,85 – 4,86 мг/л). В зимнее время в пруду содержание кислорода подо льдом было низким. Можно с достаточной долей уверенности предположить, что в зимний период в этом водоеме наблюдаются явления гипоксии (заморы).

Сравнивая результаты гидрохимических анализов с действующими нормативами (Охрана природы ..., 2000), можно прийти к выводу, что в настоящее время пруд является сильно загрязненным водоемом (альфа-мезосапробный – полисапробный водоем). Качество вод несанкционированного водовыпуска соответствует неочищенным сточным водам.

По результатам биотестирования в июле выраженная токсичность была отмечена только в пробах из несанкционированного выпуска сточных вод (точка №5). Данную пробу можно классифицировать как высокотоксичную ($ЛВ_{50} < 24$ ч). В пробах, отобранных в июле и октябре, токсический эффект отмечен не был.

Прогноз развития экологической ситуации и рекомендации по ее улучшению. Как показывает анализ собранных нами материалов, в сложившейся ситуации природоохранные мероприятия не могут улучшить экологического состояния пруда.

Без проведения специальных реабилитационных мероприятий качество воды в нем скорее всего будет ухудшаться. Учитывая его мелководность, можно прогнозировать, что интенсивное накопление в нем мусора и наносов, а также зарастание водной растительностью уже в течение нескольких ближайших лет приведет к образованию заболоченного участка, используемого населением в качестве неорганизованной свалки. Таким образом, пруд на Феодосийской улице находится на катастрофической фазе антропогенной деградации.

Фото 5. Южный берег пруда на Феодосийской улице (июль 200 г.).



Экотоксикологическая ситуация в пруду также может значительно ухудшиться вследствие накопления в нем токсичных веществ или их образования в результате процессов вторичного загрязнения. Кроме того, довольно часто подобные водоемы становятся резервуаром возбудителей различных инфекционных и паразитарных заболеваний. Этому способствуют и использование окружающей территории для массового выгула собак, и поступление в водоем неконтролируемого потока сточных вод (Горюнова, 2006). Окончательный вариант проекта экологической реабилитации пруда был откорректирован с учетом наших предложений.

Как показали результаты исследований, основными факторами прогнозируемого низкого качества воды в пруду после его расчистки будут являться: очень низкая проточность; низкое содержание растворенного кислорода в воде; недостаточная глубина пруда; значительное поступление с площади водосбора загрязнений, (главным образом, органических соединений).

В этих условиях *система водооборота и аэрации представляется не только эффективной, но и единственно возможной* для реального поддержания качества воды в этом водном объекте на протяжении многих лет его предстоящей эксплуатации. Например, первые два из перечисленных выше факторов могут быть компенсированы созданием инженерной системы замкнутого насосного водооборота и струйно-вихревой аэрации (Волшаник и др., 2001).

Река Лихоборка (кризисная фаза)

Общая характеристика. Река Лихоборка является правым притоком р.Яузы, ее длина – 18 км, из них 14 км она течет по территории Москвы. Ширина реки достигает 8 м; преобладающая глубина – 0,50 – 0,75 м (в наиболее глубоких местах до 2м). Исток находится в лесах около с. Ново-Архангельского (в верховьях носит название р. Бусинка). Пересекает МКАД в районе Коровина, затем протекает в подземном коллекторе до Лихоборской набережной, где выходит на поверхность, пересекая Октябрьское и Савёловское направления Московской железной дороги. Затем течет по северо-

восточной окраине Главного ботанического сада РАН и впадает в Язу около станции метро «Ботанический сад». На берегах р. Лихоборки ранее находились села Бусиново, Ховрино, Новое и Старое Владыкино, а также деревни Нижние и Верхние Лихоборы, от которых эта река и получила свое название.

Более 30% водосборного бассейна р. Лихоборки застроено, уничтожено более 20% притоков. Вместе с тем, в данный водоток сбрасываются сточные воды различных хозяйствующих субъектов, значительная часть сбросов не санкционирована. Об объеме стоков и их роли в формировании реки можно судить по степени ее теплового загрязнения в зимний период. Вероятно, значимым фактором формирования качества вод в зимний период является интенсивное зоогенное загрязнение. На р. Лихоборке отмечена одна из самых крупных в Москве зимовок уток, достигающая численности в 3000 птиц, распределенных в нескольких скоплениях (Авилова и др., 1994).

Прибрежная территория и дно реки почти повсеместно замусорены. Агенты засорения (мусор и засоряющие предметы) преимущественно строительного и бытового генезиса. Мусоромасса на исследованных участках реки достигала 7,6 кг/м². Плотность засорения колебалась в широких пределах, составляя от 10 до 100%. Значительную часть мусора строительного генезиса, вероятно, можно рассматривать как практически неразрушающийся и биотопически инертный агент засорения. Характер локализации данной фракции в основном глубинно-аккумулятивный.

Обустроены только отдельные части реки, протекающие через жилые кварталы. Большая часть берегов неблагоустроена (фото 6). На некоторых участках русла р. Лихоборки из строительного мусора производится формирование берегов (фото 8). Вместе с тем, эти участки используются отдельными лицами как места отдыха и для рыбной ловли.

Растительный и животный мир р.Лихоборки очень беден. На исследованных участках из погруженной растительности нами обнаружен только роголистник (*Ceratophyllum demersum* L.). Из полупогруженной растительности наиболее часто встречается тростник южный (*Phragmites*

australis Trin. ex Steud.) и различные виды осок (*Carex acuta* L., *C. nigra* Reichard и др.).

Водная макрофауна представлена личинками насекомых (наиболее массовый вид – *Chironomus plumosus* L.) и брюхоногими моллюсками (*Lymnaea stagnalis* L., *L.peregra* (O.F.Mull.), *Viviparus viviparus* L.)

Гидрохимический режим и качество водной среды. Исследования проводились на двух участках реки, представлявших интерес с точки зрения ее инженерно-экологического обустройства. На первом из исследованных участков (точки отбора проб №1– №3) в настоящее время осуществляются мероприятия по обустройству реки, заключающиеся в отсыпке берегов и в проведении последующих рекультивационных работ.

Фото 6. Необустроенные берега р.Лихоборки вблизи железнодорожной станции «НАТИ» (июль 2006 г.).



Фото 7. Состав мусора из которого формируются берега р.Лихоборки (июль 2005 г.).



Он располагается поблизости от пересечения реки Октябрьской железной дорогой (между станциями НАТИ и Моссельмаш). Поэтому цель наших исследований заключалась не только в определении качества водной среды, но и в оценке экологической эффективности данных мероприятий.

Другой исследованный участок (точка отбора проб №4) представляет собой типичный необустроенный участок русла, с крутыми берегами, расположенный вдоль обочины автомобильной дороги и окруженный промышленной застройкой (микрорайон Западное Дегунино, вблизи от пересечения с Верхнелихоборской улицей).

Отбор проб проводился в январе и июле 2005 г. в следующих точках:
станция №1 – 200 м выше участка отсыпки строительного мусора;
станция №2 – 50 м ниже участка отсыпки строительного мусора;
станция №3 – промоина, образовавшаяся на пути дождевого стока с участка отсыпки (отбор проб проводился только в августе);
станция №4 – необустроенный участок русла.

Температура воды в зимний период была значительно выше естественного уровня (3,5 – 4,2⁰ С) Ледовый покров на исследованных участках реки отсутствовал. Это свидетельствует о том, что в формировании

данного водотока значительная роль принадлежит стокам с различных бытовых и производственных объектов. Реакция вод в период обеих съемок была слабощелочной, что весьма характерно для водных объектов, подпитываемых стоками с городской территории. Особенно высокое значение показателя рН (8,8) отмечено в пробе, взятой из вод, стекающих с участка отсыпки берега.

Кислородный режим р. Лихоборки, несмотря на достаточно высокий уровень загрязнения ее вод, был хорошим. В зимний период это во многом обусловлено отсутствием ледового покрова. Судя по значениям ряда гидрохимических показателей (сухой остаток, перманганатная окисляемость, ХПК, БПК₅, концентрация фосфатов), воды реки Лихоборки периодически характеризуются высоким уровнем загрязненности, значительно превышающим установленные нормативы (Охрана природы ..., 2000).

Еще более загрязнены воды, стекающие с участков отсыпки берега. В период июльской съемки влияние этого фактора на гидрохимический режим водотока не проявилось (данные анализов проб в точках №1 и №2 принципиально не отличались). Это объясняется только тем, что в момент отбора проб стояла сухая погода и сток с участка отсыпки отсутствовал. Однако, как свидетельствуют обнаруженные нами многочисленные промоины, в период выпадения обильных осадков и снеготаяния поступление стоков весьма значительно. Поэтому, учитывая результаты, полученные при анализе проб воды в точке №4, можно сделать вывод о том, что отсыпка строительного мусора приводит к загрязнению и эвтрофированию р. Лихоборки. Однако проведенное биотестирование с лабораторной культурой дафний не обнаружило токсического эффекта ни в одной из проб воды. В целом, основываясь на комплексном анализе имеющихся гидрохимических и гидробиологических данных, р. Лихоборку на современном этапе можно рассматривать как водный объект, находящийся на кризисной фазе антропогенной деградации.

Прогноз развития экологической ситуации на исследованных участках реки. Оценка эффективности мероприятий по отсыпке берегов. На основании имеющихся данных можно прийти к заключению, что без проведения специальной программы экологической реабилитации рекреационная значимость р. Лихоборки восстановлена быть не может. Частные решения, касающиеся инженерного (но не экологического) обустройства ее отдельных участков, принципиально ситуацию не изменят. В первую очередь это обусловлено тем, что водосборный бассейн р. Лихоборки подвергся сильной антропогенной трансформации, ее воды в значительной мере формируются за счет стоков, поступающих с бытовых и производственных объектов. По этой причине обустройство какого-то отдельного участка реки в лучшем случае приведет к бесполезному архитектурному украшению берегов сильно загрязненного водотока, который не может обладать рекреационной значимостью.

Подход к экологической реабилитации в данном случае должен быть комплексным и основываться на учете всех источников загрязнения водотока. Следующим этапом должна стать разработка инженерной системы, позволяющей регулировать качество водной среды, поддерживая его на приемлемом уровне.

Предпринятая отсыпка берегов реки из строительного мусора может только ухудшить ситуацию. Создание мощных пластов мусора, содержащих огромное количество разнообразных загрязнителей, приводит к возникновению нового и практически неисчерпаемого в обозримом будущем источника загрязнения и засорения реки. При этом не была достигнута и прямая цель данного мероприятия – улучшение видеозащиты прибрежной территории. Покрытый в ходе рекультивации тонким слоем земли строительный мусор не стал благоприятной средой для высаженных растений, значительная часть из них засохла. В сущности, на участке рекультивации, как и на любой заброшенной свалке, образовался пустырь, покрытый рудеральной

растительностью. Крутой откос, которым этот пустырь обрывается к реке, создает опасность для пребывания здесь людей.

В целом, мероприятия по формированию берегов р. Лихоборки из строительного мусора (даже в случае успеха работ по рекультивации прибрежных земель) можно рассматривать как пример обустройства городской территории, проводимого *без учета экологических последствий* для расположенного на ней малого городского водного объекта.

Река Лопца (кризисная фаза)

Общая характеристика. Река Лопца является левым притоком реки Истры. Она протекает по территории Солнечногорского района Московской области. Длина реки около 10 км. Глубина, за исключением подпруженных участков, не превышает 1 м. Территория, по которой протекает р. Лопца весьма своеобразна, поскольку представляет собой мозаику из застроенных (и частично урбанизированных) участков и зон, где сохранились фрагменты лесных экосистем. В нижнем течении на р. Лопца существует несколько небольших прудов, образованных земляными запрудами, в настоящее время оставшимися практически без надзора и частично размытыми. В целом подобный характер территории весьма типичен для ближайших окрестностей мегаполиса.

Строго говоря, р. Лопца не является городским водным объектом. Однако ее исследование представляет интерес в том отношении, что современное экологическое состояние этого водотока хорошо отражает важнейший этап урбанизации малого водного объекта. С одной стороны, его особенность заключается в том, что в этот период берега реки или водоема постепенно застраиваются или используются человеком в каких-то иных целях. С другой стороны, поскольку малый водный объект еще не считается городским, его охране и обустройству практически не уделяется никакого внимания. В результате уровень загрязнения и засорения водной среды зачастую выше, чем на водных объектах, существующих в центральной части мегаполиса. Именно

на этой фазе постепенной урбанизации городских предместий и происходит наиболее сильная деградация водных объектов, сопровождающаяся почти полной потерей их рекреационного потенциала. В значительной мере этому способствует и отсутствие в предместьях города развитой инфраструктуры, например не налажен вывоз бытового мусора, нет канализационной сети. По этой причине берега подобных водотоков и водоемов быстро превращаются в неорганизованные свалки и помойки (фото 8), а сами водные объекты – в сточные каналы и накопители канализационных стоков.

Во многом инженерно-экологическое обустройство таких водных объектов, проводимое в последующий период, заключается в ликвидации последствий их пребывания между «природным» и «городским» состоянием. Через данную фазу когда-то проходило большинство из исследованных нами объектов (Суздалева, Горюнова, 2005; Горюнова и др., 2006). Очевидно, что именно в переходный период мероприятия по инженерно-экологическому обустройству водных объектов могут быть наиболее эффективными. Однако такая задача на практике ставится достаточно редко.

В районе истоков р. Лопцы в пос. Березки расположена крупная птицеферма, стоки с которой периодически сбрасываются в реку. В нескольких местах р. Лопца пересекает автодороги и железнодорожную магистраль, с которых она также интенсивно загрязняется и засоряется. Русло реки сильно замусорено. Общая мусоромасса составляет местами 4 – 5 кг/м², при плотности засорения до 100%. Главным образом это перемещающийся медленно разрушающийся мусор бытового и биогенного генезиса. Преобладающий характер локализации агентов загрязнения – вдольбереговая аккумуляция. Следует отметить, что уровень засорения р. Лопцы на участках, расположенных вблизи населенных пунктов, в последние годы интенсивно возрастает. Иными словами, река используется в качестве помойки. По нашим наблюдениям, интенсивность накопления мусора достигает 2–3 кг/м²/год. При этом часть бытового мусора (бутылки и банки с остатками растворителей,

лакокрасочных покрытий и т.п.), несомненно, можно отнести к категории «экологически агрессивных агентов засорения» (Безносов, Суздалева, 2005).

В летнее время некоторые участки р. Лопца посещаются людьми во время прогулок. В непосредственной близости от берегов расположены дачные участки. Однако видеоэкологическая ценность прибрежной зоны невелика и как место массового отдыха она не используется.

Несмотря на то, что р. Лопца является постоянным (непересыхающим и непромерзающим) водотоком, каких-либо видов водной макрофауны в ее верхнем течении не обнаружено. Не встречается и погруженная растительность. По-видимому, это объясняется токсичностью ее вод во время сбросов стоков с птицефермы.

фото 8. Свалка мусора на берегу р.Лопцы (пос. Березки, октябрь 2007 г.).



Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды для гидрохимических анализов и биотестирования осуществлялся в трех точках:

станция №1 – пересечение реки Лопцы с Октябрьской железной дорогой (вблизи платформы «Березки-дачные»);

станция №2 – у моста в пос. Березки-дачные;

станция №3 – у моста на пересечении реки и Поваровского шоссе.

Во время некоторых съемок от воды исходил резкий гнилостный запах. Именно в эти периоды наблюдалось значительное ухудшение качества водной среды, а биотестирование свидетельствовало о ее токсичности. На основании полученных данных можно заключить, что загрязнение вод реки носит периодический и неконтролируемый характер и происходит в виде залповых выбросов. Об их объеме косвенно можно судить по температурному режиму. Даже в 1,5 – 2 км от сброса (точки №1-№2) температура воды в периоды массовых сбросов значительно превышала естественный уровень (2.5 – 3.0⁰С в январе), лед на поверхности реки отсутствовал. Одновременно наблюдалось значительное ухудшение ряда показателей (сухой остаток, окисляемость, ХПК, БПК): в январе 2010 г. значение перманганатной окисляемости в точке №1 достигло 20,8 мг О/л ; бихроматная окисляемость (ХПК) достигала уровня 117 – 120 мг О/л; БПК₅ было равно 13,7 мгО₂/л.

Сильное загрязнение вод легкоокисляемым органическим веществом приводило также к значительному ухудшению кислородного режима. Несмотря на то, что ледовый покров отсутствовал, а вода в этой мелководной речке интенсивно перемешивается, содержание растворенного кислорода было иногда весьма низким. Так, в январе 2010 г. в точках №1-2 относительное содержание растворенного кислорода составляло 13,2 – 16,3% от насыщения при данной температуре. Концентрация фосфатов также в большинстве случаев превышала допустимые нормы (3,84 – 4,61 мгРО₄³⁻/л). Вместе с тем следует отметить, что ниже по течению происходило улучшение качества вод. Следовательно, этот водоток еще окончательно не потерял способность к самоочищению. Токсический эффект был отмечен во время съемок, когда наблюдалось резкое ухудшение качества водной среды. В этот период пробы, взятые в точках №1-№2, можно было рассматривать как гипертоксичные (ЛВ₅₀ < 1 ч) или высокотоксичные (ЛВ₅₀ < 24 ч).

В целом, полученные результаты свидетельствуют о том, что качество вод р. Лопца на современном этапе периодически не соответствует действующим природоохранным и водохозяйственным нормативам (Охрана

природы, 2000), а сам этот водный объект находится на кризисной фазе антропогенной деградации.

Оценка современного экологического состояния и прогноз развития ситуации при дальнейшей урбанизации водосборного бассейна. Анализируя имеющиеся данные, можно прийти к заключению, что в настоящее время, хотя русло реки Лопцы на большинстве участков сохранилось в естественном состоянии и ее водосборный бассейн урбанизирован незначительно, сам по себе этот водоток уже нельзя рассматривать как природную реку. В верхнем течении практически вся макрофауна уничтожена токсичными сбросами сточных вод. Русло и прибрежная территория местами превращены в помойки, причем их количество и объем стремительно возрастают. Качество вод р. Лопцы периодически соответствует неочищенным сточным водам.

Учитывая, что данный район является зоной интенсивного коттеджного строительства, можно прогнозировать дальнейшее ухудшение экологического состояния р. Лопца. Этому в значительной мере способствует практически полное отсутствие контроля за сбросом мусора и сточных вод в русло реки. Уже в ближайшем будущем без принятия реабилитационных мер р. Лопца, скорее всего, перейдет в следующую стадию антропогенной деградации – кризисную.

Река Сетунь (антропогенно-напряженная фаза)

Общая характеристика. Общая длина р.Сетунь составляет 38 км; в черте Москвы около 20 км, течет она в открытом русле. Исток реки находится в окрестностях дер. Саларьево Московской области. Сетунь протекает через Солнцево, пересекает МКАД в районе Сколковского шоссе, затем Аминьевское шоссе, Минскую ул. и впадает в р. Москву ниже Краснолужского моста, напротив Новодевичьего монастыря. На территории г.Москвы ее ширина не превышает 10 – 15 м, средняя глубина 0,75 м, местами до 4 м. Застроено 30-50% площади водосборного бассейна, ряд притоков уничтожен (Лихачева, 1990).

Нами исследовалось состояние самого нижнего участка р. Сетунь, от ул.Довженко (фото 9) до ее устья. Эта территория издавна использовалась

московскими жителями в рекреационных целях. Здесь когда-то располагалось поместье Троицкое-Голенищево, служившее местом отдыха московских митрополитов и патриархов (Кондратьев, 1997).

В настоящее время рекреационный и видеозоологический потенциал реки в значительной мере утрачен. Русло и прибрежная территория на отдельных участках сильно замусорены, встречаются остатки многочисленных сооружений (засоряющие объекты). На исследованных участках преобладает мусор строительного и бытового генезиса. Основная форма локализации – точечные скопления (помойки вблизи оборудованных мест для пикников, места несанкционированных сбросов в реку строительного мусора и т.п.), с общей мусоромассой до нескольких кг/м² и плотностью засорения 100%.

Загрязнение реки происходит не только за счет поступления вод терригенного смыва и бытового загрязнения, но и в результате многочисленных сбросов сточных вод с различных промышленно-бытовых объектов. Об их мощности и роли в формировании стока реки можно судить по тому, что в нижнем течении р. Сетуни ледовый покров не образуется даже в сильные морозы. Присутствует и зоогенное загрязнение, поскольку здесь отмечена одна из наиболее крупных в Москве зимовок водоплавающих птиц (Авилова и др.. 1994).

Водная растительность развита достаточно хорошо. В нижнем участке реки нами были обнаружены:

TYPHACEAE (Рогозовые)

Typha latifolia L. - Рогоз широколистный

Typha angustifolia L. - Рогоз узколистый

LEMNACEAE (Рясковые)

Lemna trisulca L. - Ряска трехдольная

Lemna minor L. - Ряска маленькая

Lemna gibba L. - Ряска горбатая

GRAMINEAE (POACEAE) (Злаки)

Glyceria maxima (Hartm.) Holmb. - Манник большой

Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. - Тростник обыкновенный или южный.

HYDROCHARITACEAE (Водокрасовые)

Elodea canadensis Michx. - Элодея канадская или Водяная чума

- Hydrocharis morsus-ranae L. - Водокрас лягушачий
 HALORAGACEAE (Сланоягодниковые)
 Myriophyllum spicatum L. - Уруть колосистая
 CERATOPHYLLACEAE (Роголистниковые)
 Ceratophyllum demersum L. - Роголистник погруженный
 LENTIBURIAEAE (Пузырчатковые)
 Utricularia vulgaris L. - Пузырчатка обыкновенная
 POTAMOGETONACEAE (Рдестовые)
 Potamogeton crispus L. - Рдест курчавый
 Potamogeton lucens L. - Рдест блестящий
 Potamogeton pectinatus L. - Рдест гребенчатый
 Potamogeton perfoliatus L. - Рдест пронзеннолистный
 ALISMATACEAE (Частуховые)
 Alisma plantago-aquatica L. - Частуха подорожниковая
 Sagittaria sagittifolia L. - Стрелолист обыкновенный
 BUTOMACEAE (Сусаковые)
 Butomus umbellatus L. - Сусак зонтичный
 SPARGANIACEAE (Ежеголовниковые)
 Sparganium erectum L. - Ежеголовник прямой
 Sparganium simplex Huds. - Ежеголовник простой

Сплошного пояса водные растения ни на одном из исследованных участков реки не образуют. Большинство видов обнаружено лишь в виде отдельных экземпляров или, что реже, небольших пятен, состоящих из нескольких растений.

Из представителей водной макрофауны нами встречены:

ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ (BIVALVIA)

Unio tumidus Philipsson

Anodonta piscinalis Milsson

БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ (GASTROPODA)

Viviparus contectus Milet

Lymnaea stagnalis L.

Lymnaea auricularia L.

Lymnaea ovata Draparnaud

Planorbis planorbis L.

ЛИЧИНКИ ВОДНЫХ НАСЕКОМЫХ

СТРЕКОЗЫ (ODONATA)

Coenagrion puella L.

Coenagrion pulchellum Van der Linden

ПОДЕНКИ (EPHEMEROPTERA)

Ephemera vulgata L.

Cloen dipterum L.

ДВУКРЫЛЫЕ (DIPTERA)

Chironomus plumosus L.

Limnochironomus nervosus Staeger

По опросам местных жителей, наиболее массовый вид рыб – плотва (*Rutilus rutilus* L.).

Берега реки на большинстве участков не обустроены. Частично река течет по заболоченной пойме с зарослями ивняка и ольхи. Местами сохранились выходы родников. В последние годы начато укрепление берегов с помощью матрасов Рено (фото 10). Одновременно осуществляются некоторые работы по дизайну береговой линии, заключающиеся, главным образом, в художественном оформлении ливневых водосбросов.

Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды для гидрохимических анализов проводился в трех точках

станция №1 – пересечение р.Сетуни Минской улицы;

станция №2 – р.Сетунь в районе ул. Довженко;

станция №3 – устье р.Сетунь.

В зимний период температура воды заметно превышает естественный уровень. Показатель рН в период наблюдений колебался в диапазоне 7,5 – 7,7. Относительное содержание кислорода в большинстве случаев не опускалось ниже 70% от насыщения при данной температуре.

Фото 9. Река Сетунь в районе ул.Довженко. На переднем плане видны следы от костра (июль 2006 г.).



Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды для гидрохимических анализов проводился в трех точках
станция №1 – пересечение р.Сетуни Минской улицы;
станция №2 – р.Сетунь в районе ул. Довженко;
станция №3 – устье р.Сетунь.

Значения сухого остатка были относительно невысоки (609,0 - 895,0 мг/л) по сравнению с другими исследованными нами городскими водными объектами. Аналогичное заключение можно сделать и в отношении содержания в воде органического вещества (по данным перманганатной окисляемости, ХПК и БПК). Значения БПК₅, соответствовали 2,19 - 4.04 мгО₂/л. Концентрация фосфатов в период обеих съежек была достаточно высокой (0,80 – 1,53 мгРО₄³⁻/л), что позволяет говорить об интенсивном эвтрофировании водотока. В экспериментах по биотестированию проб воды токсический эффект не отмечен ни на одном из исследованных участков реки.

Сопоставляя результаты гидрохимических анализов с составом обнаруженных водных растений и животных, можно прийти к достаточно обоснованному заключению о том, что *уровень загрязнения вод р.Сетунь в настоящее время можно считать относительно умеренным* (по сравнению с другими городскими малыми реками). Вместе с тем, в соответствии с действующими стандартами (Охрана природы ..., 2000) ряд показателей находится на уровне, характерном для альфа-мезосапробных объектов. Таким образом, р. Сетунь находится на «антропогенно-напряженной» фазе деградации, но уже явными с признаками перехода в следующую – «кризисную» фазу.

Фото 10. Укрепление берегов матрасами Рено (июль 2007 г.).



Прогноз развития ситуации и рекомендации по инженерно-экологическому обустройству. Еще 30 лет назад на берегах некоторых исследованных нами участков р. Сетунь (например, район ул. Довженко) располагались сельскохозяйственные угодья совхоза «Заречный». Затем в 80-е годы XX века здесь появились отдельные участки жилой застройки. В настоящее время прибрежная территория в нижнем течении р. Сетуни продолжает интенсивно застраиваться. При этом характер застройки по сравнению с предшествующим периодом существенно изменился. На некоторых участках возводятся так называемые «элитные строения», территория вокруг которых огораживается. Если наблюдающиеся тенденции не изменятся, то уже в ближайшем будущем практически вся прибрежная зона будет урбанизирована. В соответствии с этим, с одной стороны, интенсивность антропогенного воздействия на реку, по-видимому, будет возрастать. С другой стороны, возникнет настоятельная необходимость в проведении реабилитационных мероприятий, направленных на восстановление рекреационного потенциала прибрежных территорий.

Предпринимаемые в настоящее время попытки инженерного (но не инженерно-экологического) обустройства отдельных участков, расположенных вблизи элитной застройки, неспособны принципиально изменить ситуацию.

Так, крепление берегов матрасами Рено (фото 10) и дизайн ливневых водостоков, скорее всего, не смогут обеспечить высокий видеоэкологический потенциал данного водотока. Об этом, в частности, можно судить хотя бы по тому, что часть матрасов Рено уже заросла растительностью и в значительной мере потеряла свою привлекательность. В дальнейшем в этих зарослях будет интенсивно аккумулироваться мусор, приносимый с вышерасположенных участков реки.

Наблюдаемый уровень загрязнения мы расцениваем как умеренный.

Однако даже относительно небольшое повышение уровня загрязнения реки в этой ситуации может привести к принципиальному изменению качества ее вод. Вероятно, р. Сетунь в настоящее время проходит ту критическую фазу развития, которую р. Лихоборка проходила 30 лет назад (по рассказам местных жителей, в то время многие участки реки еще использовались для купания).

Проект благоустройства р. Сетунь на современном этапе еще может быть основан на проведении только природоохранных мероприятий. Он должен включать следующие пункты:

1. Определение всех источников ухудшения качества вод.

2. Проведение экологического аудита водопользователей. К водопользователям мы в соответствии с Водным кодексом РФ (Михеев и др., 2001) относим всех физических и юридических лиц, осуществляющих сброс в реку сточных вод. Целью экоаудита в данном случае является выявление несанкционированных стоков.

3. Ликвидация несанкционированных стоков, проверка эффективности работы локальных очистных сооружений.

Новодевичьи пруды (антропогенно-напряженная – кризисная фаза)

Общая характеристика. Эти водные объекты расположены у стен Новодевичьего монастыря (фото 11). Площадь Большого пруда составляет 2,5 га, Малого пруда – 1,0 га. Между собой Большой и Малый пруды соединены протокой. Новодевичьи пруды образованы бывшей старицей р. Москвы.

Под стенами Новодевичьего Монастыря, основанного в 1524 г., происходили многие важнейшие исторические события (Святыни ..., 1993; Кондратьев, 1997). Кроме того, окрестности прудов издавна служили местом отдыха москвичей и народных гуляний.

В настоящее время берега прудов обустроены только частично. На некоторых участках сохранились остатки деревянных свай старинных берегоукрепительных сооружений. Берега прудов очищаются от мусора. Засорение дна и поверхности относительно мало (по сравнению с другими исследованными водными объектами) и носит точечный характер.

В зимний период на прудах образуется сплошной ледовый покров.

Основными источниками загрязнения вод являются ливневый сток с прибрежной территории и территории монастыря (фото 12), а также рекреационная нагрузка. По-видимому, определенную роль играет и зоогенное загрязнение, связанное с наличием водоплавающих птиц.

Пояс прибрежной водной растительности отсутствует. Вместе с тем, пруды подвержены интенсивному эвтрофированию. Об этом свидетельствуют не только результаты гидрохимических анализов, но и наблюдающиеся в летний период «цветения» воды. Так, в период съемок, проведенных нами в июле 2008 г., вода была прозрачной, но имела темно-зеленую окраску, что является характерным признаком массового развития зеленых (протококковых) водорослей (Федоров, Капков, 2000). Поэтому, несмотря на результаты гидрохимических анализов, свидетельствующие об относительно высоком качестве вод, в настоящее время Новодевичьи пруды следует рассматривать как водный объект, находящийся в переходном состоянии (антропогенно-напряженная – кризисная фаза).

Фото 11. Цветение воды в Большом Новодевичьем пруду (июль, 2008 г.).



Фото 12. Сток ливневых вод в пруд с территории Новодевичьего монастыря (июль 2008 г.).



Несмотря на периодическое развитие гипоксических явлений в зимний период, в прудах водится рыба. По расспросам рыболовов-любителей, основным объектом их ловли является карп (*Cyprinus carpio* L.) и карась (*Carassius* sp.).

Несколько лет тому назад были проведены мероприятия по очистке Новодевичьих прудов, в ходе которых также осуществлено их частичное заполнение свежей водой из водопроводной сети. По-видимому, именно эти

инженерно-экологические мероприятия обусловили временный переход прудов из кризисной фазы в антропогенно-напряженую. В

настоящее время наблюдается обратный процесс. Стабилизировать ситуацию в условиях столь интенсивной антропогенной нагрузки может только создание постоянно действующей системы инженерно-экологического обустройства.

Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды для гидрохимических анализов и биотестирования проводился в трех точках:

станция №1 – северная часть Большого пруда со стороны Новодевичьей набережной;

станция №2 – Большой пруд у стен Новодевичьего монастыря;

станция №3 – Малый пруд.

Каких-либо признаков термального загрязнения прудов не отмечено. Реакция среды в период наблюдений колебалась в диапазоне от нейтральной до слабощелочной. Содержание кислорода воды в феврале (пробы взяты из-под льда) было низким, что свидетельствует о развитии гипоксии в зимний период практически на всей акватории прудов.

Значения показателя «сухой остаток» свидетельствуют об относительно слабой для городского водоема общей минерализованности вод. Содержание органического вещества в прудах, судя по значениям перманганатной окисляемости, ХПК и БПК₅, в зимний период находилось на достаточно высоком уровне (10,5; 72,0 и 2,12 мгО/л соответственно). Высокая концентрация фосфатов в зимний период (1,18 - 1,49 мгPO₄³⁻/л) указывает на интенсивное эвтрофирование прудов. При биотестировании проб воды токсический эффект не отмечен. Сравнивая полученные данные с действующими стандартами (Охрана природы ..., 2000) и биоиндикационными признаками (Федоров, Капков, 2001), можно прийти к заключению, что Новодевичьи пруды в настоящее время еще можно рассматривать как бета-мезосапробные водоемы.

Прогноз развития ситуации и рекомендации по инженерно-экологическому обустройству. Современное состояние Новодевичьих прудов характеризуется как переходная стадия между антропогенно-напряженной и

кризисной фазой. Содержание органического вещества в воде находится на достаточно высоком уровне.

Вероятно, именно процессами разложения органических веществ и обусловлены наблюдавшиеся зимой гипоксические явления. Пруды подвержены интенсивному эвтрофированию. В определенный момент это может привести к вспышке развития нежелательных водных растений – синезеленых водорослей или зеленых нитчаток (тины).

Такие события практически всегда сопровождаются не только резким ухудшением экологического состояния водоема, но и значительной потерей его рекреационного потенциала (Россолимо, 1975). Еще большее ухудшение обычно наступает в период отмирания водорослей, что обуславливает интенсивное вторичное загрязнение вод и гибель большинства водных животных.

Отличительной чертой разработки проектов инженерно-экологического обустройства исторически ценных водных объектов является необходимость сохранения их облика (Суздалева, 2005). Мероприятия, сопровождающиеся изменением очертаний водоема, вида его берегов и характера прибрежной территории здесь всегда нежелательны. Поэтому для инженерно-экологического обустройства исторически ценных водоемов следует разрабатывать не проект их реабилитации, а программу реконструкции или реставрации. Важнейшим этапом здесь является поиск прототипа. В случае с Новодевичьими прудами данная задача усложняется тем, что эти водоемы первоначально возникли как старица р.Москвы. Вероятно, во время длительного периода их существования уже в качестве прудов они периодически промывались во время весенних паводков. После строительства каменной набережной эти явления прекратились. Таким образом, полностью реставрировать облик прудов, свойственный им в XVI-XIX веках, практически невозможно. В данном случае проект инженерно-экологического обустройства, с одной стороны, должен включать мероприятия по улучшению качества водной среды, а с другой – предусматривать реконструкцию отдельных

элементов исторического облика водоема, имеющих наибольшую культурную или историческую ценность.

Основными факторами ухудшения качества вод Новодевичьих прудов является их бытовое загрязнение и эвтрофирование. Процессы естественного самоочищения вод не справляются с потоком поступающих в водоем загрязнителей. Анализ литературы по исследуемой проблеме показывает, что оптимальным вариантом инженерного решения являются следующие мероприятия:

1. Создание циркуляционных систем для очистки водоемов от избыточного органического вещества и интенсификации процессов самоочищения путем их аэрации. Основными причинами, обуславливающими низкую очистительную способность малых водоемов, является недостаточная или отсутствующая проточность (водооборот) при низком содержании растворенного кислорода в воде. В полной мере воздействие этих факторов проявляется и в Новодевичьих прудах. Если учитывать достаточно большой размер прудов, то, очевидно, что для этой цели применимы только устройства, способные периодически или постоянно прокачивать основной объем воды. Как показывает анализ проектных разработок в этой области и опыт эксплуатации различных устройств по мелиорации водной среды (Рябов, Сиренко, 1982; Хендерсон-Селлерс, 1987; Пшеничный, Фашук, 1987; Суздалева и др., 1999), предъявляемым требованиям удовлетворяет система замкнутого насосного водооборота с вихревыми аэраторами, разработанная в Московском государственном строительном университете (Волшаник и др., 2001; 2003). Подобный проект уже разработан для инженерно-экологического обустройства прудов Спасо-Бородинского монастыря. Однако, в отличие от Спасо-Бородинских прудов, относительно небольшие размеры которых позволяют объединить их в единую циркуляционную систему, для инженерно-экологического обустройства Новодевичьих прудов представляется более целесообразным использование нескольких таких систем, обслуживающих отдельные части акватории.

2. Дезэтрофирование вод. Увеличение скорости минерализации фосфор- и азотсодержащей органики может усилить процесс эвтрофирования. Поэтому организация циркуляционных систем должна быть дополнена биомелиоративными мероприятиями по дезэтрофированию вод. В данном случае для изъятия из воды избыточного азота и фосфора следует предусмотреть в районе водосброса из системы циркуляции небольшой участок, на котором может быть спроектирован так называемый «биофильтр» (биоплато) из искусственных посадок прочно прикрепляющейся растительности (например, тростника южного) (Морозов, 2001).

Пруд в усадьбе Трубецких в Хамовниках (кризисная фаза)

Общая характеристика. Усадьба Трубецких в Хамовниках представляет собой, с одной стороны, охраняемый законом памятник истории, а с другой является обустроенной рекреационной зоной, расположенной в центральной части Московского мегаполиса. Пруд, находящийся на территории усадьбы, относится к особому типу городских водных объектов. Подавляющее большинство малых городских водоемов образовалось либо из озер и стариц рек, либо было создано для каких-то хозяйственных нужд еще в период, когда на месте мегаполиса существовали отдельные поселения сельского типа. В отличие от этого, данный пруд, по-видимому, первоначально задумывался именно как рекреационный объект. Этот водоем, имеющий явно искусственную кольцеобразную форму, скорее всего, был выкопан на месте заболоченного участка. Об этом косвенно свидетельствует историческое название близлежащей местности – «Большие кочки» (Иванов, 1960).

В настоящее время относительно небольшая по площади усадьба Трубецких со всех сторон окружена городской застройкой (фото 13). Берега пруда бетонированы и обустроены. Наполнение пруда осуществляется из городского водопровода. Летом его глубина не превышает 2 м. На зиму пруд спускается и вода остается только в углублениях его ложа. Таким образом, этот водный объект является регулируемым.

В течение круглого года на территории усадьбы Трубецких пребывает значительное количество людей. В периоды снеготаяния и обильных дождей часть загрязнителей с территории попадает в водоем. По этой причине, несмотря на то, что основной источник наполнения пруда – система городского водопровода, он подвержен значительному бытовому загрязнению и засорению. Как показали результаты гидрохимических анализов, заметную роль играет и зоогенное загрязнение. В летнее время на пруду содержатся лебеди и другие виды водоплавающих птиц. Посетители парка их кормят, что также вызывает загрязнение водной среды. Эвтрофирование пруда также весьма интенсивно. В летний период многие его участки заполняются водной растительностью от поверхности до дна (фото 14). Наиболее массовые формы растений: рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.) и роголистник (*Ceratophyllum demersum* L.). Кроме того, местами на поверхности воды образуются так называемые «плюшки» зеленых нитчатых водорослей, что также является несомненным признаком весьма интенсивного эвтрофирования вод.

Фото 13. Пруд в усадьбе Трубецких в Хамовниках (июль 2010 г.).



Фото 14. Водные растения, стелящиеся по поверхности воды пруда в усадьбе Трубецких (июль 2010 г.).



Рыбная ловля в пруду в настоящее время запрещена. По результатам опроса местных жителей и собственным наблюдениям, сделанным во время отбора проб, здесь встречается карась (*Carassius carassius* L.), карп (*Cyprinus carpio* L.) и бычок-ротан (*Percottus glehni* Dybowski).

Гидрохимический режим и качество водной среды. Отбор проб воды проводился в трех точках:

станция №1 – расширенная часть пруда в районе домиков для содержания водоплавающих птиц;

станция №2 – район «горбатого мостика»;

станция №3 – район «прямого мостика».

Судя по значению показателя «сухой остаток», уровень общей минерализации вод относительно невелик. В летнее время, в период весьма интенсивной вегетации водной растительности, содержание кислорода в воде близко к насыщению (7,84 – 7,94 мг/л). В зимний период подо льдом развивается гипоксия. Содержание органического вещества и фосфатов (1,56 – 2,56 мг PO_4^{3-} /л) повышенное, что указывает на интенсивное загрязнение и эвтрофирование вод. Помимо бытового загрязнения, обусловленного главным образом рекреационной нагрузкой, заметную роль играют и процессы вторичного загрязнения. На дне пруда во многих местах встречались

скопления листьев деревьев. В зимний период высокие значения перманганатной окисляемости и ХПК отчасти, вероятно, обусловлены разложением отмершей водной растительности. Несомненно, присутствует также и зоогенное загрязнение. В период летней съемки ряд показателей (ПО, ХПК, БПК, содержание фосфатов) на участке, где постоянно скапливаются водоплавающие птицы (ст №1), достоверно отличался от таковых в других частях акватории пруда: перманганатная окисляемость (ПО) – 12,4, мг О/л; бихроматная окисляемость (ХПК) – 108 мг О/л; БПК₅ – 4,92 мгО₂/л (тогда как в других точках максимальные значения этих показателей 7.7; 64.5; 2.3 соответственно).

Оценивая качество вод по гидрохимическим показателям (Охрана природы ..., 2000) и биоиндикационным признакам (Федоров, Капков, 2001), можно прийти к заключению, что пруд в усадьбе Трубецких в настоящее время является альфа-мезосапробным и эвтрофным водоемом.

В опытах по биотестированию проб воды с лабораторной культурой дафний токсический эффект не отмечен.

Прогноз развития ситуации и рекомендации по инженерно-экологическому обустройству. Поток посетителей территории парка в усадьбе Трубецких носит достаточно постоянный характер. Главным образом, это люди, населяющие близлежащие городские кварталы, и учащиеся расположенных здесь же учебных заведений (Московский педагогический университет, Медицинская академия, Военная академия и др.). Территория, окружающая пруд, имеет статус «земли культурно-исторического назначения», в связи с чем, в соответствии с Земельным кодексом РФ (Боголюбов, Минина, 2002) и Законом г.Москвы «О землепользовании и застройке в городе Москве» (Орлов, Попов, 2004), изменение ее характера (проведение строительных работ, прокладка транспортных магистралей и др.) запрещено законом. Следовательно, состав терригенного смыва, поступающего в водоем, по-видимому, достаточно постоянен. Каких-либо сбросов сточных вод в водоем не происходит, состав вод, поступающих из его основного источника наполнения

(системы городского водопровода) также относительно постоянен. Поэтому можно предположить, что в ближайшем будущем экологическое состояние пруда, при условии его регулируемого наполнения, существенно не изменится. Дальнейшее развитие ситуации определяется, главным образом, периодичностью расчисток котловины пруда. Такие мероприятия здесь время от времени осуществляются. Без них в водоеме будет происходить постепенное накопление мусора и донных отложений, неизбежно приводящее к его зарастанию, обмелению и, в конечном счете, образованию на месте водоема болотного массива.

Таким образом, можно прийти к заключению, что современный режим содержания пруда позволяет сохранить его рекреационный потенциал и в какой-то мере исторический облик. Однако сам водоем находится в кризисной фазе. Без периодических инженерно-технических мероприятий при существующем уровне антропогенной нагрузки пруд в течение короткого времени может превратиться в коллапсирующий водоем, основным источником наполнения которого будет служить поверхностный сток с городской территории.

В настоящее время основное направление реабилитационных мероприятий на данном водоеме должно быть направлено на улучшение его видеоэкологических свойств и повышение социальной привлекательности. В настоящее время эстетика водоема в летний период заметно снижается вследствие его зарастания. На большинстве участков акватории пруда погруженная растительность (роголистник, элодея, рдест гребенчатый) заполняет почти всю водную толщу. На его поверхности плавают скопления тины (зеленых нитчатых водорослей). В этих зарослях задерживается и плавающий мусор. Это заметно снижает положительное восприятие водного объекта, создает впечатление его заброшенности.

Таким образом, для улучшения видеоэкологии пруда необходимо не только периодически расчищать его котловину от наносов, но и ежегодно осуществлять его очистку от нежелательной растительности. Однако эти

мероприятия следует проводить с большой осторожностью. Следует помнить, что развитие высшей водной растительности препятствует возникновению вспышек «цветения» воды фитопланктоном и непродуманная борьба может привести только к ухудшению экологической ситуации (Пырина, 2000; Schmieder, Pier, 2000; Шерстнева, 2002; Кудряшов, Садчиков, 2002). Подсчитано, что подавление цветений фитопланктона происходит при достижении средней биомассы высшей водной растительности 1,5 кг сырого веса/м³ (Кутова, 1973).

На основании анализа имеющихся данных нами были даны следующие рекомендации, которые следует учитывать при разработке мероприятий по борьбе с нежелательной растительностью в пруду усадьбы Трубецких:

1. Уничтожение растительности в пруду следует производить избирательно и частично. Изъятие растений необходимо проводить не повсеместно, а только на участках их чрезмерных скоплений, где они заполняют собой всю водную толщу. Изъятию из водоема подлежат также все плавающие скопления тины.

2. Вынутые из воды растения необходимо сразу же вывозить. Хотя полное разложение водной растительности происходит в течение достаточно длительного времени (Cliff et al., 2002), при высокой летней температуре в наземно-воздушной среде этот процесс идет весьма интенсивно (Kuehn, Suberkropp, 1998; Kuehn et al., 2002). Особенно быстро разлагается роголистник (Battle, Mihuc, 2000), образующий массовые скопления в исследуемом водоеме. Если оставить растения в виде куч на берегу даже на несколько дней, то продукты их разложения, содержащие в том числе большое количество эвтрофикантов (соединений фосфора и азота), попадут в водоем, вызвав в нем залповое эвтрофирование и интенсивное загрязнение.

3. Водные растения аккумулируют в себе значительное количество биогенных элементов, в связи с чем их контролируемое разведение используется как один из методов борьбы с эвтрофированием вод (их деэвтрофикации). Другой метод заключается в их разведении с последующим

изъятием из водоема (Кудряшов, Садчиков, 2002). Эти методы можно рекомендовать как элементы инженерно-экологического обустройства пруда. Следует учитывать, что растения одновременно поглощают из воды и многие загрязнители (тяжелые металлы, нефтепродукты, и др.) и задерживают взвеси (Морозов, Телитченко, 1977; Hoopila, Nurminen, 2001; Морозов, 2001). Кроме того, укореняющиеся формы водной растительности способны снижать уровень содержания биогенов не только в воде, но и в донных отложениях (Wigand et al., 2001). Изъятие растений лучше всего проводить во второй половине лета, когда уровень их фитомассы (а, следовательно, и общее количество накопленных в ней эвтрофикантов и загрязнителей) достигает максимальных значений.

ГЛАВА 4. ЭВОЛЮЦИЯ МАЛЫХ ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Как свидетельствует анализ материалов, полученных при исследовании городских водных объектов, их экологическое состояние и меры, направленные на его улучшение, могут принципиально отличаться. В одних случаях для предотвращения дальнейшей деградации достаточно усиления природоохранных мероприятий (экологического контроля), в других – необходимо создание специальных систем инженерно-экологического обустройства. Вместе с тем, для решения этой проблемы в целом (например, разработки программы улучшения экологического состояния водных объектов г.Москвы) необходима выработка общего методологического подхода, позволяющего на основании определения современного экологического статуса водоема (фазы деградации) определить возможные пути его реального улучшения.

Однако, прежде чем перейти к сравнительному анализу материалов, необходимо уточнить некоторые из используемых понятий. Методы борьбы с деградацией водных объектов и их конкретные цели могут существенно различаться. В связи с этим для их обозначения применяется ряд специальных терминов (Кощев, 1991; Гусев и др., 1993; Орлов, 2000; Айдаров и др., 2002), под которыми в настоящей работе понимается следующее:

охрана — научно обоснованный регламент хозяйственной деятельности, основанный на запретительных и разрешительных мерах. Например, это организация водоохраных зон и контроль за соблюдением их режима;

защита — научно обоснованные меры инженерного воздействия с целью изоляции и/или локализации источника возмущения (загрязнения, истощения, подтопления и т. п.). К числу таких мер можно отнести строительство очистных сооружений поверхностного стока, инженерное оборудование различных объектов в прибрежной зоне водоема и его водосборного бассейна,

представляющих собой реальные или потенциальные источники ухудшения качества водной среды (свалки, кладбища и т. п.);

консервация — комплекс мероприятий, направленных на сохранение облика водного объекта, существующего в данный момент времени. Этот вид деятельности включает меры по поддержанию санитарно-гигиенических показателей и профилактические ремонтные работы гидротехнических сооружений, обеспечивающих существование данного объекта (плотин, шлюзов и др.). Консервация может применяться как для хорошо сохранившихся водных объектов, обладающих высоким видеоэкологическим потенциалом, так и для водоемов, имеющих культурно-историческое значение, но находящихся в критическом состоянии, когда дальнейшее развитие негативных тенденций приведет уже к необратимым изменениям. В последнем случае консервация водного объекта проводится, когда его восстановление в данный момент времени невозможно или нецелесообразно по экономическим или социальным причинам;

реабилитация — научно обоснованный комплекс мер, нацеленный на возвращение водным объектам экологически приемлемых свойств и качеств, обеспечивающих надлежащий уровень социальной привлекательности территории для проживания городского населения. К этой категории относятся различные проекты инженерного обустройства водных объектов, направленные на улучшение их экологического состояния, а также повышение видеоэкологического и рекреационного потенциала окружающей территории в целом;

реставрация – деятельность, целью которой является придание водному объекту облика, свойственного ему в конкретную историческую эпоху. Реставрация может осуществляться только при условии наличия исторических документов, подтверждающих архитектурно-композиционный облик водного объекта. В отличие от реабилитации реставрация включает работы по восстановлению строений, гидротехнических сооружений, элементов паркового дизайна, формирующих исторический облик данного водоема;

реконструкция — инженерные мероприятия, целью которых является приспособление водного объекта к современным условиям с сохранением его исторически- или мемориально-ценных элементов. Реконструкция применяется в двух случаях. Во-первых, для обустройства частично или плохо сохранившихся водных объектов, когда достаточно обоснованные историко-архивные документы, касающиеся их, отсутствуют. В этом случае при выполнении реконструктивных работ допускается использование аналогов или приемов оформления его композиций, характерных для периода существования (эпохи) данного городского водного объекта. Во-вторых, проведение реконструкции водного объекта бывает необходимо тогда, когда условия, сформировавшиеся на окружающей его территории, делают невозможным его дальнейшее существование без проведения специальных инженерных мероприятий. К числу последних можно отнести, например, подпитку водных объектов из систем водоснабжения, организацию систем искусственной циркуляции и др.);

ликвидация — комплекс мероприятий, целью которых является уничтожение нежелательного водного объекта.

Практически все исследованные нами водные объекты за время своего существования проходили несколько этапов антропогенной деградации (табл.1), на протяжении которых их экологическое состояние и социально-экономическое значение принципиально отличались. Несмотря на то, что городские водоемы и водотоки имеют различное происхождение, в их историческом развитии (эволюции) существуют определенные закономерности, обусловленные общим характером изменения экологической и социальной обстановки в процессе урбанизации территории.

Таблица 1. Развитие процесса антропогенной деградации в малых городских водных объектах

Фаза деградации	Генезис водного объекта	Основные признаки	Общее значение для городского населения
<i>Антропогенно-напряженная фаза</i>	Водные объекты естественного происхождения	Качество вод удовлетворяет водохозяйственным нормативам. Биоразнообразие приближается к фоновому уровню данного региона	Улучшает видеозэкологическую и социальную привлекательность городской территории
<i>Кризисная фаза</i>	Водные объекты естественного и искусственного происхождения	Приемлемый уровень качества вод поддерживается в результате осуществления специальных мероприятий	Определяется периодичностью специальных мероприятий по благоустройству водного объекта
<i>Катастрофическая фаза</i>	естественного и искусственного происхождения	Качество вод не соответствует водохозяйственным нормативам	Снижает видеозэкологическую и социальную привлекательность городской территории
<i>Фаза развития чрезвычайной экологической ситуации</i>		Существование водного объекта ухудшает санитарно-эпидемиологическую обстановку на городской территории	Представляет опасность для здоровья населения. Возможно улучшение состояния водного объекта путем его инженерно-экологического обустройства
<i>Фаза экологического коллапса</i>		Восстановление водного объекта в приемлемом состоянии, соответствующем санитарно-эпидемиологическим и водохозяйственным нормативам, неосуществимо	Представляет опасность для здоровья населения. Улучшение ситуации возможно только путем ликвидации водного объекта или создания «имитационного водоема»

На основе изучения этих закономерностей нами разработана схема эволюции городских малых водных объектов (рис. 1). Очевидно, что данная схема отражает лишь наиболее типичные пути их развития, когда процесс урбанизации идет поэтапно и происходит в течение длительного исторического периода (Безносов и др., 2006; Безносов и др., 2007; Горюнова С.В., Суздалева А.Л., 2015). Например, именно так развивалась ситуация в центральной части московского мегаполиса (Малиновский, 1992; Кондратьев, 1997). Первоначально здесь существовали лишь отдельные поселения. Еще в XIII веке современный центр Москвы представлял собой группу деревень, разделенных перелесками, речками и болотами (Бойцов и др., 1993; Молева, 1997). Даже в XVII веке Москва представляла собой большое поселение сельского типа, состоящее из отдельных личных хозяйств.

В других случаях, когда строительство современного города осуществляется на ранее неосвоенной территории, этот этап эволюции выпадает – природные водные объекты сразу оказываются в зоне урбанизации. Поэтому в их историческом развитии отсутствует период хозяйственно-бытового водопользования.

Как показывает анализ результатов наших исследований и литературы по данной проблеме, несмотря на все разнообразие городских водных объектов, их по происхождению и первоначальному назначению можно разделить на четыре основных типа:

- природные водоемы и водотоки;
- искусственные водоемы хозяйственно-бытового назначения;
- искусственные водные объекты рекреационного назначения;
- техногенные водные объекты.

Каждый из этих типов появляется на определенном этапе исторического развития города. Дальнейшая эволюция водных объектов, относящихся к одному типу, также носит, как правило, сходный характер.

Рассмотрим особенности эволюции каждого из этих типов. Наиболее древними по происхождению являются водные объекты, образовавшиеся из *природных водоемов и водотоков*, существовавших на данной территории еще в доселитебный период. На первых этапах освоения данной территории, оказавшись в пределах поселений сельского типа или вблизи них, они начинают интенсивно использоваться в хозяйственных целях. С этого момента происходят изменения в структуре водных экосистем, в результате бытового загрязнения и эвтрофирования постепенно снижается качество вод.

Эти явления мы обозначили как «слабая и умеренная антропогенная деградация природных водоемов». Под слабой антропогенной деградацией подразумевается переход водных объектов из равновесного состояния, свойственного естественным экосистемам, в *«антропогенно-напряженное состояние»*, характеризующееся снижением численности хозяйственно ценных видов и ухудшением санитарно-гигиенических показателей (Горюнова, Безносков, 2004). Умеренная антропогенная деградация соответствует переходу водного объекта в так называемое *«кризисное состояние»*, при котором процессы самоочищения и самовосстановления периодически уже не справляются с антропогенной нагрузкой и время от времени происходит значительное ухудшение качества вод (цветение, появление у воды гнилостного запаха и др.).

Однако коренного изменения хозяйственного использования водоема еще не происходит, поскольку через некоторое время его экологическое состояние вновь улучшается. Иногда это улучшение происходит вследствие простейших водоохраных и реабилитационных мероприятий (например, расчистки дна от наносов или прекращения в них сброса нечистот). Вода из таких водных объектов используется населением в питьевых целях. На современном этапе в подобном состоянии находятся небольшие озера и речки, протекающие или расположенные поблизости от достаточно крупных поселений сельского типа.

В следующий, переходный период, когда территория постепенно урбанизируется, как правило, наблюдается *сильная антропогенная деградация* малых водных объектов, при которой они переходят в «*катастрофическое состояние*» (Горюнова, Безносков, 2004), для которого характерно резкое ухудшение качества вод (они уже не могут быть использованы в питьевых целях). Социальная привлекательность и рекреационный потенциал прибрежных территорий в значительной мере утрачиваются. Происходит это главным образом вследствие двух причин.

Во-первых, в период интенсивного градостроительства и промышленного освоения территории антропогенное воздействие на малые водные объекты многократно усиливается. Оно заключается не только в загрязнении, засорении и эвтрофировании, как на предшествующем этапе. Практически всегда происходит принципиальное изменение характера водосборного бассейна. Во многих случаях русла рек частично заключаются в трубы. Во-вторых, потеря хозяйственного значения водного объекта на этом этапе практически всегда ведет к ослаблению государственного и общественного контроля за качеством его вод. Кроме того, в переходный период инфраструктура города еще развита не в полной мере.

Именно на этом этапе эволюции когда-то природная река или озеро уже превращаются в необустроенный городской водный объект. В некоторых случаях антропогенная деградация водного объекта идет еще дальше, вплоть до перехода водного объекта в состояние «*экологического коллапса*». Наконец, как показывает опыт, в период застройки территории многие водотоки и водоемы *утрачиваются полностью* (Безносков и др., 2004).

На следующем этапе водный объект оказывается в пределах окончательно сформировавшейся городской территории. В отличие от переходного периода, он становится элементом городского пейзажа, улучшающего или ухудшающего видеоэкологию данного района. Принципиально изменяется характер использования водного объекта. Если

раньше он удовлетворял, главным образом, хозяйственно-бытовые потребности населения, то в данный момент его *основное назначение – рекреационное*.

Возникновение городских водных объектов следующего типа – «искусственных водоемов хозяйственно-бытового назначения» – обычно происходит на этапе развития поселений сельского типа (рис. 1). В переходный период они так же, как и другие водные объекты, подвергаются сильной антропогенной деградации, и, в большинстве своем, переходят в *«катастрофическую фазу»*. Примером может служить исследованный нами пруд на Феодосийской улице (Горюнова, 2006).

Городские водные объекты, изначально создававшиеся в рекреационных целях (рис. 1), возникают либо в переходный период как водоемы, украшающие пригородные усадьбы и парки, либо на территории городских парковых комплексов, уже окруженных полностью урбанизированной территорией. Отличительной чертой данной категории водных объектов является то, что их состояние, обеспечивающее надлежащий рекреационный потенциал, поддерживается *искусственно*. Оставленные без ухода такие водоемы постепенно деградируют или исчезают полностью.

Таким образом, ***вне зависимости от своего происхождения, водные объекты всех трех рассмотренных выше типов, в процессе урбанизации территории неизбежно деградируют***, вследствие резкого повышения уровня антропогенной нагрузки и необратимого изменения водосборных бассейнов. Как правило, ***без принятия специальных мер малые городские водоемы и водотоки находятся на катастрофической фазе деградации или в состоянии экологического коллапса***.

СХЕМА ЭВОЛЮЦИИ ГОРОДСКИХ МАЛЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

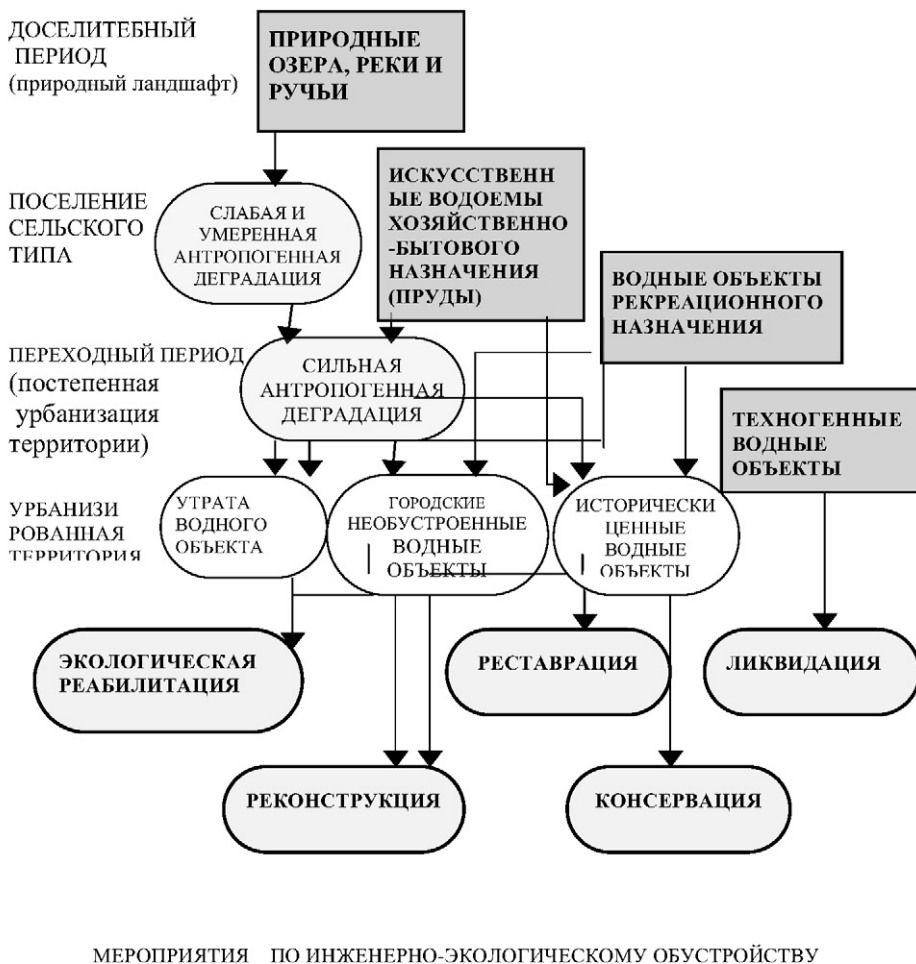


Рис 1. Схема эволюции малых городских водных объектов

В первом случае улучшение состояния водного объекта возможно путем его экологической реабилитации или реконструкции. Если водоем или участок водотока имеет культурно-историческую ценность, необходима разработка проектов реставрации или, в случае невозможности их осуществления в настоящее время, – проектов консервации. Редким исключением являются малые водные объекты, основная часть водосборного бассейна которых расположена на территории парковых зон. Здесь иногда можно ограничиться мерами экологической защиты и охраны.

В тех же случаях, когда водный объект находится в состоянии экологического коллапса, возможны два варианта решения проблемы: либо его ликвидация, либо создание на месте ранее существовавшего водного объекта «имитационного водоема» (Суздалева, Горюнова, 2004).

Возникновение последней категории – *«техногенных водных объектов»* – как правило, приурочено к переходному периоду (постепенной урбанизации) (рис. 1). На полностью освоенной городской территории в современных условиях такие водоемы и водотоки возникают значительно реже, вследствие усиления контроля за использованием земель и сбросами предприятий.

Следует подчеркнуть, что понятие «техногенный» в данном случае не является синонимом «антропогенный», то есть возникший благодаря человеческой деятельности. К антропогенным можно отнести водоемы хозяйственно-бытового назначения и рекреационные водные объекты. Эти водные объекты целенаправленно создавались людьми для удовлетворения тех или иных потребностей. В отличие от этого, техногенный водный объект возникает как побочный продукт производства (технической деятельности) и как таковой изначально не предназначен для какого-либо вида водопользования (Горюнова и др., 2007).

Существует два основных вида техногенных водных объектов.

Первый из них – это открытые потоки сточных вод с производственных и коммунально-бытовых объектов, проходящие через городскую территорию. Их

примером могут служить исследованные нами техногенные водотоки города Курчатова.

Второй вид городских техногенных водных объектов представляют собой водоемы, образовавшиеся как скопления сточных вод. Такие водоемы образуются как спонтанно, например, в результате скопления стоков с городской территории у железнодорожных насыпей и иных подобных сооружений, так и создаются целенаправленно, как пруды для накопления и захоронения жидких отходов.

Подобные водоемы и водотоки можно рассматривать как *изначально существующие в состоянии «экологического коллапса»*, подразумевая под этим то, что никакие мероприятия не могут привести к принципиальному улучшению экологического состояния этих водных объектов. Здесь уместно напомнить, что основной критерий состояния «экологического коллапса» – это его необратимость.

При рассмотрении особенностей городских техногенных водных объектов следует остановиться на одной немаловажной детали. Говоря о том, что эти водные объекты изначально не предназначены для использования, мы не подразумеваем, что они не используются людьми. Напротив, как показали проведенные обследования, многие из них интенсивно используются в рекреационных и иных целях, что должно быть категорически запрещено. Само по себе наличие таких объектов на городской территории ухудшает санитарно-эпидемиологическую ситуацию и представляет опасность для здоровья жителей, особенно детей. Поэтому проблема инженерно-экологического обустройства техногенных водных объектов также весьма актуальна. Однако в данном случае инженерно-экологическое обустройство заключается не в восстановлении водных объектов, а в разработке и осуществлении проектов их ликвидации (отвод стоков в канализационные системы, засыпка впадин, где скапливаются стоки и др.).

Возможные пути предотвращения антропогенной деградации исследованных городских малых водных объектов представлены в Табл.2.

Таблица 2. Возможные пути предотвращения антропогенной деградации городских малых водных объектов

Фазы процесса антропогенной деградации	Объект исследования	Мероприятия по предотвращению антропогенной деградации
<i>Антропогенно-напряженная</i>	р. Сетунь	<p>Только инженерного обустройства (укрепление берегов, матрацы Рено, дизайн ливневых стоков) недостаточно. Учет всех источников загрязнения вод</p> <p>Выявление несанкционированных стоков. Ликвидация несанкционированных стоков. Проверка эффективности работы локальных очистных сооружений.</p>
<i>Антропогенно-напряженная - кризисная</i>	Новодевичьи пруды	<p>Разработка проекта реконструкции или реставрации (поиск прототипа). Создание циркуляционной системы. Дезэтрофирование вод (создание «биофильтра» из искусственных посадок прочноприкрепляющейся растительности, напр. тростник южный)</p>
<i>Кризисная</i>	<p>пруд в усадьбе Трубецких</p> <p>р. Лихоборка</p> <p>р. Лопца</p>	<p>Периодическое очищение котловины от наносов. Очистка от нежелательной растительности (избирательно, частично). Вывоз некромассы. Контролируемое разведение водных растений.</p> <p>Учет всех источников загрязнения. Отказ от отсыпки берегов из строительного мусора. Инженерные мероприятия для регулирования качества водной среды</p> <p>Контроль за сбросом мусора и сточных вод. Реабилитационные мероприятия</p>
<i>Катастрофическая</i>	пруд на ул. Феодосийская	<p>Экологическая реабилитация: система водооборота и аэрации, расчистка пруда.</p>

<i>Экологический коллапс</i>	р. Жужа	Создание имитационного водоема: - изоляция от городских стоков (разобщение сохранившегося русла от других частей водотока, отвод загрязненных вод в систему городской канализации). - расчистка и заполнение изолированного фрагмента русла чистой водой. - создание циркуляционной системы. - создание экологического дизайна и формирование биотического комплекса (заросли прибрежной растительности, зарыбление, организация водопадов-аэраторов).
	техногенный водоем (г.Зеленоград)	Разработка и реализация проекта по ликвидации объекта.
	водотоки из сбросов ливневой канализации;	Разработка и реализация проекта по ликвидации объектов: -отвод ливневой канализации в обводной канал; - запрет на использование сточных вод в хозяйственных целях;
	водотоки из несанкционированного сброса вод и неорганизованного стока с подсобного хозяйства АЭС (г.Курчатов)	-ликвидация стока с подсобного хозяйства АЭС - отвод залповых выбросов канализационных стоков при авариях на городских очистных сооружениях в пруды - накопители

Изложенные материалы можно кратко резюмировать следующим образом:

1. Принципиальное и необратимое изменение характера водосборного бассейна городских водных объектов неминуемо приводит к их деградации.

Приемлемое экологическое состояние малых городских водоемов и водотоков может поддерживаться только путем целенаправленных мероприятий по их инженерно-экологическому обустройству.

2. Историческое развитие (эволюция) различных типов малых городских водных объектов, вне зависимости от их происхождения и первоначального предназначения, носит сходный характер и представляет собой ряд последовательных этапов, смена которых происходит вследствие закономерных изменений экологических и социальных условий в процессе урбанизации территории.

3. В современных условиях урбанизация территории может сопровождаться возникновением (в том числе и спонтанным) техногенных водоемов, состояние которых изначально можно рассматривать как «экологический коллапс».

ГЛАВА 5. БАЛЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАЛОГО ГОРОДСКОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА

При анализе современного состояния исследуемой проблемы отмечалась сложившаяся в настоящее время парадоксальная ситуация: само по себе понятие «деградация водных объектов» в публикациях, касающихся проблем водной экологии и водного хозяйства, является одним из наиболее распространенных. При поиске в интернете обнаруживаются сотни сайтов, в которых данный термин приводится в качестве ключевого слова. Вместе с тем, определения понятия «деградация водных объектов» почти нигде не приводится. Единственным исключением, пожалуй, являлся проект нового Водного кодекса РФ. Однако содержащаяся в нем формулировка *«деградация водного объекта – постепенное ухудшение состава и свойств воды, состояния дна и берегов, видового состава животного и растительного мира водного объекта»* носит слишком общий характер. При ее использовании для решения природоохранных и водохозяйственных проблем неизбежно возникнет ряд вопросов. Что, например, следует понимать под ухудшением дна и берегов? Что подразумевается под словосочетанием «свойства воды»? Если предположить, что под ухудшением видового состава растительного и животного мира подразумевается снижение биоразнообразия, то приведенное выше определение исключает такой весьма распространенный вид деградации водных объектов, как их «зарастание», при котором видовое разнообразие часто повышается. Значительное увеличение разнообразия видов иногда наблюдается и при антропогенной деградации водных объектов. Примером может служить р.Москва в районе Курьяновской станции аэрации (Симкин, 2000).

Кроме того, термин «деградация» используется и в отношении водных объектов, имеющих искусственное происхождение, например, водохранилищ. В этом случае при установлении факта «ухудшения состояния дна и берегов»

неизбежно возникает вопрос о субъекте. Иными словами: для кого, собственно, наблюдаемые изменения являются «ухудшением»?

Подобное несоответствие определения термина и сути явлений, для описания которых он используется, возникает главным образом в силу того, что упускается из виду *главный критерий деградации – степень пригодности водного объекта для использования его человеком*. Именно такое понимание логически проистекает из более общего понятия «деградация среды», составной частью которой являются водные объекты. Так, в словаре Н.Ф. Реймерса содержится следующее определение: «деградация среды – 1) ухудшение природной среды жизни человека; 2) совместное ухудшение природной и социальной среды» (Реймерс, 1990, с. 109). Полностью аналогичное определение приводится и в «Экологическом энциклопедическом словаре» (Данилов-Данильян и др., 2002, с. 211). Таким образом, оценка процесса «деградации» носит выраженный антропоцентристский характер. Такой же точки зрения придерживается и В.Н. Максимов (1991): «Если в научной литературе упоминаются словосочетания типа «деградация экосистемы», «ухудшение экологической обстановки», то в них всегда речь идет вовсе не о гибели экосистемы, а о том, что та или иная экосистема становится не пригодной для использования человеком. Только в исключительных случаях, когда речь идет об уникальных объектах (Байкал, Галапагосские острова), мы вспоминаем, что эти экосистемы представляют ценность совершенно независимо от того, можно ли пить байкальскую воду и съедобны ли дарвиновы вьюрки!» Именно этим «деградация» отличается от «дигрессии», главным критерием оценки которой является изменение структурно-функциональной организации природных экосистем. В большинстве случаев изменения, происходящие под воздействием антропогенных факторов, направлены в неблагоприятную для человека сторону.

Следовательно, в наиболее краткой форме *деградацию водных объектов* можно определить как утерю водными объектами полезных для человека свойств, то есть водохозяйственного, рыбохозяйственного, рекреационного

потенциалов, культурно-исторического значения и др. Казалось бы, что такое определение носит несколько односторонний, противоречивый характер, но в данном случае, при попытках предотвратить развитие чрезвычайной экологической ситуации в водоеме и потере самими водоемами тех свойств и качеств, которые определяют пригодность водной среды - как для обитания гидробионтов, так и для использования человеком, - такое определение необходимо ввести, тем более, что разрабатывать меры по «приостановке» или ликвидации негативных последствий придется человеку.

В целом, *деградацию водных объектов* можно определить как процесс, обусловленный комплексом факторов, связанных с различными видами человеческой деятельности, сопровождающийся изменением не только экологического состояния водоемов и водотоков, но и их ресурсно-эксплуатационных параметров.

При исследовании водных объектов, подвергающихся антропогенному воздействию, возникает главная задача – суметь отличить естественные изменения в состоянии экосистем (происходящие в ходе сукцессий), от изменений, связанных с этим воздействием. Основным отличием может являться *скорость изменений*: любые изменения, наблюдающиеся в относительно короткие промежутки времени (и явно не спровоцированные природными катаклизмами), можно рассматривать как «признак» антропогенной деградации. Поступление в воды континентов и морей химических соединений антропогенного происхождения сильно изменяет условия существования водных биоценозов. С эволюционной точки зрения эти изменения происходят с чрезвычайно большой скоростью, во много раз превосходящей скорость эволюции организмов. Тем не менее скорость изменения биоценозов должна быть не меньше, чем скорость изменения биологически важных для них элементов среды, в противном случае они оказываются в состоянии экологического и метаболического регресса.

Однако, как показали наши исследования, не все общепринятые гидробиологические или гидрохимические показатели могут объективно

отразить ход протекающих в водоемах процессов. Основными параметрами должны служить изменения в составе и структуре сообществ, а не колебания их функциональных показателей. Но возникает вопрос *о мере антропогенного воздействия*. Если в водном объекте в течение ряда лет не обнаруживаются существенных изменений в видовом составе или в других структурных показателях, то можно считать, что отсутствуют чрезмерные антропогенные воздействия, а изменения абиотических параметров можно принять за «нормальные» (допустимые) (Максимов, 1991). Или, по нашей классификации, данный водоем находится в равновесной фазе антропогенной деградации. Усиление антропогенной нагрузки приводит к переходу водоема на другую фазу развития. При этом происходит изменение качества водной среды, определяемое как «степень соответствия природных условий потребностям людей или других живых организмов» (Реймерс, Яблоков, 1982). «Всесторонний анализ окружающей природной среды привел к важному выводу о необходимости дифференцированного подхода к определению приемлемого и допустимого качества экологических систем в зависимости от их народнохозяйственного, эстетического и научного значения» - указывает В.А.Абакумов (1979).

Очевидно, что изучение процессов деградации водных объектов, необходимое для разработки эффективных мер, направленных на предотвращение этих нежелательных явлений, должно основываться на несколько иных принципах, чем традиционные исследования в области водной экологии. Игнорирование этого является одной из главных причин многочисленных неудач в попытках улучшения экологического состояния водных объектов. Примером могут служить бесплодные усилия по улучшению качества вод в прибрежной зоне Анапского курорта путем осуществления чисто запретительных природоохранных мер, которые предпринимались в течение нескольких десятилетий, и таких неудачных решений по благоустройству городских водных объектов, как отсыпка берегов из мусора на р. Лихоборке.

Поэтому необходимо создание методологии исследования и оценки процессов деградации водных объектов, основные положения которой можно сформулировать в виде ряда концептуальных принципов, разработанных на основе анализа материалов:

- Оценка степени деградации водного объекта и разработка эффективных мер противодействия должны основываться на анализе его использования человеком, степени его необходимости для создания благоприятных условий существования людей.

Развитие человечества – это не только вспышка численности отдельного биологического вида, для существования которого необходимо наличие благоприятной окружающей среды, но и фактор, преобразующий эту среду в нужном для себя направлении. Причем эта трансформация среды может осуществляться прогнозируемо. Иными словами, человек способен развивать свою цивилизацию, предвидя как негативные, так и позитивные последствия своей деятельности. Познавание экологических механизмов этих явлений представляет собой потенциальную возможность избежать возникновения явлений, ведущих к разрушению среды его обитания. В этом заключается принципиальное отличие развития человечества от развития культуры микроорганизмов в питательной среде. Именно таких взглядов придерживался В.И. Вернадский, развивая свое учение о ноосфере, которую он определял как «сферу разума», то есть разумное управление состоянием биосферы. Вместе с тем, в настоящее время вполне очевидно, что формирование ноосферы возможно лишь потенциально. Прогрессирующий рост населения планеты и стремительная урбанизация скорее ведут к преобразованию биосферы в так называемую «биотехносферу» (Сидоренко, 1980; Суздалева, Горюнова, 2017), в которой формирование качества среды происходит в результате неконтролируемого или не полностью контролируемого воздействия техногенных факторов. В этом случае неизбежным является повсеместное ухудшение качества окружающей среды.

Предотвратить развитие негативных процессов одними природоохранными мерами принципиально невозможно. Например, подсчитано, что относительно равновесное состояние биогеохимических круговоротов может быть достигнуто только при снижении численности человечества до его уровня в 1700 г. (Горшков, 1998). Единственным реальным путем, позволяющим избежать экологических катастроф, является разработка методов эффективного управления состоянием среды, включая в него проведение целенаправленных мероприятий по ее формированию с использованием инженерно-технических методов. В частности, весьма важной проблемой на современном этапе является разработка методологии управления экологическим состоянием водных систем (Семин, 2005; Безносов и др., 2007)).

Основным препятствием на этом пути является недостаточная разработка теоретической базы, способной послужить в качестве научной основы для проведения подобной деятельности. Методы, разработанные на основе фундаментальных экологических исследований, в данном случае могут найти лишь ограниченное применение. Например, в современных условиях в большинстве случаев нереальным является восстановление водных экосистем, существовавших в доиндустриальный период (Родионов и др., 2004; Безносов и др., 2005). Главной причиной является антропогенное воздействие на водные объекты, которое далеко не всегда носит негативный характер. Многие водные объекты имеют искусственное происхождение и без целенаправленной человеческой деятельности начнут деградировать. Кроме того, помимо антропогенной деградации, существуют явления природной деградации водных объектов, наиболее распространенным видом которых является зарастание озер и превращение их в болотные массивы. В этом случае целенаправленная деятельность человека позволяет предотвратить утрату водных объектов. Напротив, эвтрофирование озер, их истощение значительно интенсифицируют данный процесс.

Наконец, сохранение некоторых водоемов и даже целых водных систем в современных условиях невозможно без сохранения специальных

гидротехнических сооружений. Примером может служить деградация многих малых рек (вплоть до полного исчезновения) после разрушения существовавших на них мельничных плотин.

Таким образом, в процессе деградации водных объектов человеческая деятельность может рассматриваться не только в качестве одной из главных причин, но и как единственный фактор, воздействие которого может воспрепятствовать деградации. Мотивацией как первого, так второго являются потребности человека (водохозяйственные, эстетические и др.). Только на основе их анализа и учета можно прогнозировать дальнейшее развитие экологической ситуации. В противном случае все рассуждения будут носить демагогический характер и затруднять разработку проектов, реально способных улучшить состояние водных объектов. Как свидетельствует практика, если программа реабилитации водоема или водотока разрабатывается без учета интересов конкретных физических или юридических лиц и не предполагает механизмов управления его состоянием, то она, как правило, не дает реальных результатов. Например, как показало исследование некоторых малых объектов г.Москвы, их обустройство (расчистка, благоустройство окружающей территории, регулирование уровня воды и др.) привело впоследствии лишь к образованию в черте города замусоренного водно-болотного массива или сточной канавы при отсутствии финансирования или контроля со стороны заинтересованных лиц или организаций, или вообще при отсутствии таковых.

- Преобразование деградирующих водных объектов в природно-техногенные системы. Конвергенция водных объектов естественного и искусственного происхождения в процессе их антропогенной деградации.

Как свидетельствуют материалы, полученные нами при исследовании различных водных объектов, в большинстве случаев уже на первых стадиях деградации (кризисной фазе) реальное улучшение экологической ситуации возможно только в результате проведения специальных инженерно-технических мероприятий, снижающих уровень оказываемой на водный объект

антропогенной нагрузки. Для обозначения этой деятельности используется термин *«инженерно-экологическое обустройство»* (Суздалева, 2005).

В результате инженерно-экологического обустройства водный объект неизбежно превращается в природно-антропогенный объект (природно-техногенную систему), под которым в статье 1 Закона «Об охране окружающей среды» понимается следующее: «природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение» (Федеральный закон ..., 2002).

Таким образом, антропогенная деградация обуславливает постепенное увеличение сходства (конвергенцию) между водными объектами естественного и искусственного происхождения. Причина заключается в том, что, вне зависимости от генезиса, при достижении определенного уровня антропогенной нагрузки, превышающей гомеостатические возможности водной экосистемы, приемлемое экологическое состояние водного объекта может поддерживаться только в результате работы системы его инженерно-экологического обустройства. Следовательно, возможна единая система оценки деградации водных объектов и разработка унифицированной методологии борьбы с развитием процессов деградации.

Рассматривая проблему антропогенной деградации водных объектов и их конвергентное развитие, необходимо обратить внимание на современный масштаб этих процессов. Область воздействия техногенных факторов постепенно охватывает всю гидросферу. Поэтому уже в обозримом будущем большинство водных объектов можно рассматривать как природно-техногенные системы, различающиеся лишь степенью воздействия техногенных факторов в данный период времени и уровнем их инженерно-экологического обустройства. «Даже великий Рейн несет в устье чистую, но не натуральную воду: она вся прошла через очистные сооружения. Она была загрязнена, очищена и возвращена в реку. Вся разница между Россией и

Европой – в степени загрязнения вод. В России гораздо больше воды и гораздо меньше очистных сооружений» (Юфит, 2002).

Поэтому необходимым и важным представляется анализ экологического состояния и в водных объектах, в данный момент еще не испытывающих заметного влияния человека: если установлен факт отсутствия значимого влияния техногенных факторов на экологическое состояние водного объекта, мы относим его к одной из первых фаз процесса антропогенной деградации – к равновесной фазе.

Результаты таких исследований, во-первых, позволяют обосновано утверждать (а не априорно полагать), что данные водные объекты в настоящее время не подвержены процессу антропогенной деградации. Во-вторых, полученные результаты позволяют прогнозировать вероятность развития процессов деградации в будущем и оценить их последствия. В третьих, материалы исследований могут послужить базой для реализации на практике одного из основных принципов охраны окружающей среды – «принципа презумпции экологической опасности хозяйственной и иной деятельности», закрепленном в ряде действующих законов РФ (Федеральный закон, 2002; Экологическая экспертиза ..., 2005).

Если принять определение процесса антропогенной деградации, данное выше, то причины наблюдаемых негативных явлений, приводящие к утрате используемых человеком свойств водных объектов, по своей природе могут быть весьма различны: по сути, их столько видов, сколько видов потребностей человека связано с использованием водных объектов. Следовательно, методология выработки оценки состояния водных объектов должна носить комплексный характер и включать обширный набор весьма разнородных показателей (экологических, инженерно-технических, социальных, культурно-исторических и др.).

Осуществить комплексный анализ этих параметров можно, используя методы ГИС-технологий. С этой целью нами была разработана *система балльной оценки совокупности различных показателей*, отражающих основные

характеристики и аспекты пригодности водного объекта для использования в тех или иных целях (табл. 3) (Горюнова и др., 2006).

В качестве примера использования этого метода на рис. 2 представлены результаты анализа данных, полученных при исследовании различных водных объектов г.Москвы.

Диаметр круговой диаграммы характеризует степень необходимости инженерно-экологического обустройства конкретного объекта.

Таблица 3. Балльная оценка состояния малого городского водного объекта

ОТДЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА	БАЛЛЫ
1. Гидрохимические показатели	
Ранги Эколого-санитарной классификации (по Романенко и др., 1990)	1-9
2. Экотоксикологическая ситуация	
Полное отсутствие токсических эффектов	1
Единичный слабый токсический эффект (единичная проба ЛВ ₅₀ >96 ч)	2
Единичный токсический эффект (единичная проба ЛВ ₅₀ <96 ч)	3
Периодическое повышение токсичности (среднетоксичная проба ЛВ ₅₀ <96 ч)	4
Периодическое повышение токсичности (высокотоксичная проба ЛВ ₅₀ <24 ч)	5
Периодическое повышение токсичности (гипертоксичная проба ЛВ ₅₀ <1 ч)	6
Высокий уровень токсичности в течение длительного периода (ЛВ ₅₀ <24 ч)	7
3. Рекреационная значимость	
Рекреационно значимый объект, расположенный на территории парка	1
Рекреационно значимый объект с обустроенными зонами массового отдыха	2
Рекреационно значимый необустроенный объект	3
Рекреационно малозначимый объект	4

Рекреационно незначимый объект	5
4. Культурно-историческая ценность	
Статус особо охраняемого природного или культурно-исторического объекта	1
Обособленный водный объект, входящий в состав особо охраняемого природного или культурно-исторического комплекса	2
Водный объект, формирующий ландшафт городской территории, имеющей культурно-историческое значение	3
Водный объект, не имеющий культурно-исторического значения, но являющийся элементом исторического ландшафта городской территории	4
Водный объект, не имеющий культурно-исторического значения	5
5. Генезис водного объекта	
Городские водные объекты природного происхождения	1
Водоёмы хозяйственно-бытового и рекреационного назначения, созданные в результате зарегулирования водотоков	2
Обособленные искусственные городские водоёмы рекреационного назначения	3
Искусственные водотоки гидрографической сети города (каналы)	4
Обособленные водные объекты, возникшие как водоёмы хозяйственно-бытового назначения	5
Техногенные водные объекты	6
6. Социальная привлекательность	
Водный объект, входящий в состав основных элементов пейзажности городской территории, являющийся одним из главных факторов, формирующих высокий идеоэкологический потенциал данного участка	1
Водный объект, обладающий социальной привлекательностью, формирующий позитивное эстетическое восприятие прибрежной территории	2
Водный объект, не обладающий социальной привлекательностью, но улучшающий идеоэкологическое восприятие территории в целом	3
Водный объект, снижающий социальную привлекательность территории	4
7. Степень урбанизированности водосборного бассейна	

Большая часть водосборного бассейна занята естественными экосистемами	1
Урбанизировано менее 50% территории водосборного бассейна	2
Урбанизировано более 50-75% территории водосборного бассейна	3
Урбанизировано более 75% территории водосборного бассейна	4
Техногенный водный объект	5
8. Современный уровень антропогенной трансформации водного объекта по сравнению с его историческим обликом в доиндустриальную эпоху	
Водный объект, сохранивший свой первоначальный облик (для водоемов хозяйственно-бытового назначения учитывается и сохранность гидротехнических сооружений, обеспечивающих их существование)	1
Конфигурация водоема подверглась частичной трансформации. Некоторые участки сохранили свой первоначальный облик	2
Конфигурация ложа и берегов водного объекта полностью изменена	3
Водный объект, участки которого необратимо утрачены (засыпаны, осушены)	4
Водный объект, большая часть которого заключена в подземные водоводы	5
Техногенный водный объект	6
9. Степень инженерно-экологического обустройства и его эффективность	
Инженерно-экологическое обустройство, обеспечивающее приемлемое экологическое состояние в течение длительного срока (с учетом возможного изменения уровня и характера антропогенной нагрузки)	1
Инженерное обустройство, способное обеспечить лишь кратковременное улучшение экологической ситуации	2
Инженерное обустройство, не приводящее к заметному ухудшению экологической ситуации	3
Инженерное обустройство, проводимое без учета экологических последствий, вызывающее ухудшение экологической ситуации	4
Полное отсутствие элементов инженерно-экологического обустройства	5
Техногенный водный объект	6

Относительный размер секторов показывает, на какие именно негативные факторы следует обратить особое внимание при разработке проекта.

Предлагаемая балльная система может быть также использована для оценки общего состояния водных объектов региона.

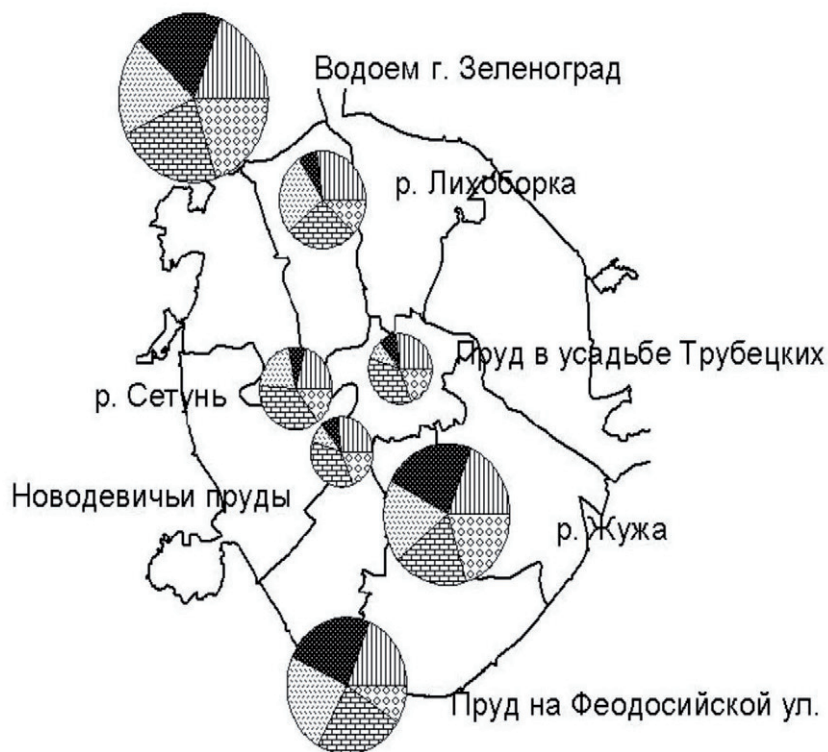


Рис. 2. Комплексная оценка степени деградации водных объектов и факторов, ее обуславливающих

- ▨ - загрязнение;
- - экотоксикологическая ситуация;
- ▤ - утрата рекреационного потенциала;
- ▧ - водосбор;
- ▩ - инженерно-экологическое обустройство.

На рис. 3 представлены результаты кластерного анализа тех же всех материалов. На дендрограмме отчетливо выделяются группы водных объектов, которые можно рассматривать как отдельные категории, вне зависимости от их происхождения и местных условий. Например, в единую группу входят столь внешне различные водные объекты как р. Жужа, техногенные водотоки г.Курчатова, пруд на Феодосийской улице и подмосковная р. Лопца.

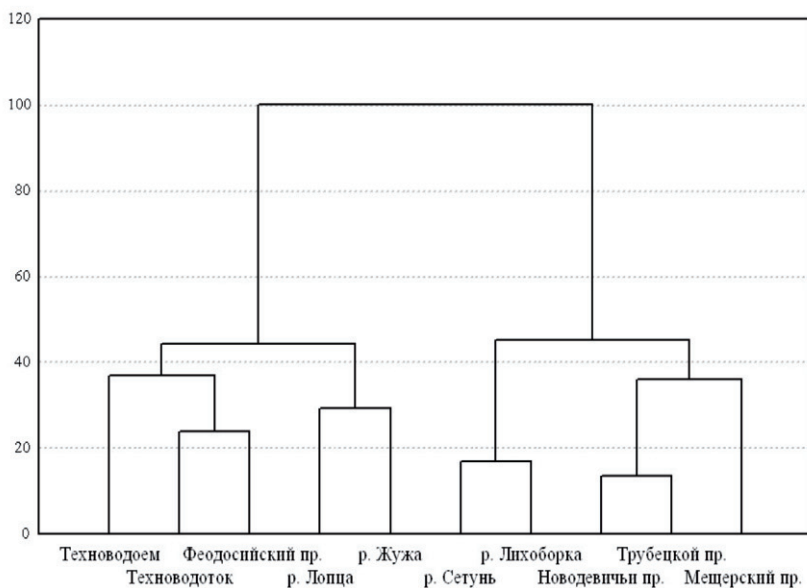


Рис. 3. Дендрограмма кластерного анализа экологического состояния малых городских водных объектов.

Все они находятся в плохом состоянии и нуждаются в первоочередной разработке проектов инженерно-экологического обустройства (в том числе проектов ликвидации некоторых из них).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В начале 2000-х годов была принята специальная программа по экологической реабилитации городских рек и водоемов в пределах Московской кольцевой автомобильной дороги. Однако в Москве даже на особо охраняемых природных территориях почти все реки и пруды находятся в ведении Мосводостока – организации сугубо инженерного профиля, для которой московские речки и пруды – это коллекторы для приёма и быстрого переноса ливневых стоков или же отстойники. Природные качества водных объектов это ведомство не интересуют.

Вот что говорит Борис Самойлов (зав. сектором Всероссийского НИИ охраны природы, главный редактор «Красной книги г.Москвы»): "Нельзя сказать, что в нашей столице не уделяется внимания городским рекам и прудам. Сейчас запланировано грандиозное благоустройство берегов реки Москвы на всём её протяжении в пределах МКАД. Однако вопрос заключается в том, что понимают под экологической реабилитацией проектировщики и те, кто заказывает проекты, и чем для водных объектов завершаются подобные работы, на которые из бюджета Москвы выделяются колоссальные суммы. Самым показательным примером является река Яуза. На памяти ряда поколений москвичей эта многострадальная река всегда была грязной и находилась явно в неблагоприятном состоянии, но в ней, тем не менее, водилась какая-то рыба, кое-где над водой порхали стрекозы, а на мелководьях цвели жёлтые кубышки и даже занесённая в Красную книгу Москвы кувшинка белоснежная. Вдоль русла местами сохранялась низкая пойма с заводями, старицами, луговой и болотной растительностью, которая после сильных дождей и во время весенних паводков принимала на себя избыток воды и препятствовала затоплению прилегающих улиц и территорий. Самое главное, что река всё же сохраняла некоторые свои природные качества и даже способность к самоочищению, которые вполне можно было бы сохранить и

усилить при настоящей её экологической реабилитации. Проекты, *направленные на сохранение живой природы*, не предусматривают таких дорогостоящих работ, как бетонирование, укрепление берегов искусственными материалами, укладка тротуарной плитки и бортового камня, установка бесщётного числа уличных фонарей, замена почв на искусственные почвогрунты, а естественной растительности – на низкотравные газоны и цветники.

Именно к такому коммерчески выгодному инженерному благоустройству и свелась вся «экологическая реабилитация» Яузы, после чего она из грязного, но всё-таки живого природного водотока превратилась в подобие какого-то непонятного гидротехнического сооружения с ещё более грязной водой. Пологие берега реки и её стариц, которые в определённой мере были защищены от загрязнения и летнего перегрева густыми зарослями рогоза и тростника, обложили обтянутым металлической сеткой гранитным щебнем или заключили в вертикальные стенки из вбитых в землю брёвен. Участки поймы, на которых росли герань, васильки, ромашки и другие наши родные луговые травы, засыпали искусственным почвогрунтом и засеяли газонными злаками, устроили в речной долине автостоянку, целый городок для "шашлычников" и многое другое, что не имеет никакого отношения к экологии. И подобное «благоустройство» речных долин продолжается в Москве из года в год и всё дороже обходится бюджету города. Может быть, пора отказаться от грандиозных планов по «приведению в порядок» природных территорий Москвы". Нельзя не согласиться с Б. Самойловым – необходимо вернуться к тому времени, когда речные долины получали статус особо охраняемых природных территорий и там планировалось сохранение и восстановление низких пойм, стариц, околородной растительности, разнотравных лугов, занесённых в Красную книгу Москвы видов растений и животных – всего разнообразия живой природы. К сожалению, сегодня в Москве нет проектных организаций, которым можно было бы без ущерба для природы доверить разработку проектов, предназначенных для речных долин и других природных

территорий. В составе нынешних проектов не предусмотрены постановка на учёт и сохранение уцелевших природных сообществ и редких для города видов растений и животных из Красной книги Москвы, не планируется никаких мероприятий по сохранению биологического разнообразия на проектируемой территории. Даже в национальном парке «Лосиный Остров» живописную долину Яузы благоустроили на урбанистический манер – проложили по зелёному лугу широченную дорогу с мощным бортовым камнем, обложили русло реки и старичные водоёмы валунами, а берега пойменного пруда и родник засыпали гранитным щебнем, оставив в неприкосновенности давно уже подтекающий канализационный коллектор. Приходится констатировать, что в Москве до сих пор не умеют разрабатывать экологически ориентированные проекты, реализация которых позволила бы не только сохранить, но и увеличить разнообразие живой природы

На основе проведенного исследования можно прийти к заключению, что

- Процесс антропогенной деградации водных объектов, вне зависимости от их вида, генезиса, масштабов и местоположения, носит общий и закономерный характер, представляя собой ряд последовательных фаз, смена которых происходит вследствие закономерных изменений экологических и социально-экономических условий. Разработка методов улучшения экологического состояния водных объектов должна основываться на учете фазы их антропогенной деградации;

- Каждая фаза антропогенной деградации характеризуется определенным уровнем использования водного объекта человеком и одновременно набором методов, позволяющих предотвратить дальнейшее развитие процесса деградации. Предложены мероприятия по предотвращению антропогенной деградации для каждой из фаз. Природоохранные меры, направленные на предотвращение возможной антропогенной деградации, должны осуществляться еще на равновесной фазе, когда их проведение требует минимальных затрат. При переходе водного объекта (или его части) в антропогенно-напряженную фазу без принятия специальных мер дальнейшее развитие процессов деградации становится неизбежным;

- На кризисной и катастрофической фазах антропогенной деградации предотвратить дальнейшее ухудшение состояния водного объекта можно только путем проведения специальных мероприятий по его инженерно-экологическому обустройству. Финальной стадией процесса антропогенной деградации водного объекта является состояние экологического коллапса. На этой фазе водный объект не подлежит восстановлению, возможно только создание на его месте «имитационного» водоема;

- В отличие от природных водоемов и водотоков, искусственные водные объекты возникают, находясь на определенной стадии антропогенной деградации;

- Антропогенная деградация обуславливает постепенное увеличение сходства (конвергенцию) между водными объектами естественного и искусственного происхождения;

- Урбанизация территории приводит к деградации малых водных объектов и может сопровождаться возникновением техногенных водных объектов, состояние которых изначально следует рассматривать как «экологический коллапс»;

- Область воздействия техногенных факторов постепенно охватывает всю гидросферу, в связи с чем уже в ближайшем будущем большинство водных объектов можно будет рассматривать как природно-техногенные системы, различающиеся лишь степенью воздействия техногенных факторов в данный период времени и уровнем их инженерно-экологического обустройства.

На основании проведенных исследований предложена схема эволюции (исторического развития) различных типов малых городских водных объектов и разработана система балльной оценки состояния городского водного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В.А. Гидробиологический мониторинг поверхностных вод // Гидробиол. журнал. 1991. Т.27. №3. С.3-8.

Абакумов В.А., Семин В.А. Гидробиологические аспекты комплексного мониторинга состояния природной среды. // В кн.: комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1986

Авилова К.В., Корбут В.В., Фокин С.Ю. Урбанизированная популяция водоплавающих (*Anas platyrhynchos*) г. Москвы. М.: Изд. МГУ, 1994. 175 с.

Айдаров И.П., Веницианов Е.В., Раткович Д.Я. К проблеме экологического возрождения речных бассейнов // Водные ресурсы. 2002. Т.29. №2. С.240-252.

Безносов В.Н., Горюнова С.В. Основные этапы развития чрезвычайной ситуации в прибрежной зоне морского курорта / Сб. научных трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». М.: Изд.РУДН 2004, вып.5, ч.2. С.114-122.

Безносов В.Н., Горюнова С.В., Колесникова Е.Л., Суздалева А.А. Эволюция малых городских водных объектов и выбор историко-экологического прототипа для проектов их обустройства // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» 2006, №2(14). С.36-42.

Безносов В.Н., Горюнова С.В., Кучкина М.А., Седякин В.П., Суздалева А.А. Экологическая оптимизация гидротехнических сооружений: основные направления и концептуальные принципы // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2007а. №4. С.41-53.

Безносов В.Н., Родионов В.Б., Суздалева А.А., Колесникова Е.Л. Оценка состояния малых городских водных объектов и пути их инженерно-экологического обустройства / Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. М.: Изд. ОАО «НИИЭС». 2007в. Вып. 16. С.216-228.

Безносов В.Н., Родионов В.Б., Суздалева А.А. Инженерно-экологический мониторинг и реальные пути экологического обустройства малых рек // Безопасность энергетических сооружений. Вып. 14. М.: ОАО НИИЭС, 2004. С.206-220.

Безносов В.Н., Суздалева А.Л. Методика оценки засорения водных объектов // Доклады Московского общества испытателей природы. Т.36. М.: Изд-во ООО «Графикон-принт», 2005. С.15-18.

Богданов В.М., Боровков В.С., Волшаник В.В. Очистка Большого пруда Московского Зоопарка системой замкнутого водооборота и струйно-вихревой аэрации // Чистый город, 2000. № 1 (9). С. 42-48.

Боголюбов С.А., Минина Е.Л. Комментарий к Земельному кодексу Российской Федерации. М.: Издательская группа НОРМА - ИНФРА М, 2002. 528 с.

Брагинский Л.П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса // Гидробиол. журн. 1998. Т.34. №6. С.72-94.

Бринчук М.М. Отв. ред. Комментарий к Федеральному закону «Об экологической экспертизе». М.: Изд. БЕК, 2001. 224 с.

Владимиров В.В., Микулина Е.М., Ярыгина З.Н. Город и ландшафт. М.: Мысль, 1986. 238 с.

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 28.07.2012 с изменениями, вступившими в силу с 01.01.2013)

Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Родионов В.Б., Юрченко А.Н., Аморова Н.Н., Доркина И.В. Инженерные пути решения проблемы улучшения экологического состояния прудов и малых рек // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. Вып. 12. "НИИЭС". М.: 2003. с. 367-377.

Георгиевская Л.М. Оценка экологического состояния водных объектов // Экология и промышленность России. 2000. С.24-27.

Голубчиков С.Л., Гутников В.А., Ильина И.Н., Минин А.А., Прохоров Б.Б. Экология крупного города (на примере Москвы). М.: Изд. «Пасьева», 2001. 192 с.

Горшков С.П. Концептуальные основы геоэкологии: Учебное пособие. Смоленск: Изд-во СГУ, 1998.

Горюнова С.В. О необходимости применения экологических нормативов.// Материалы науч. конф. Аграрного ф-та «Концепции, практика и перспективы современного земледелия». М.: Изд. РУДН, 2003. С. 47-49.

Горюнова С.В. Закономерности процесса антропогенной деградации водных объектов. Автореф. дисс....докт. биол. наук. М.; МГУ, 2006, 50с

Горюнова С.В. Роль видеоэкологии в создании безопасной образовательной среды / Сб. научн. статей Региональная научно-практ. конф. Безопасность и образование: качество, эффективность, перспективы». Москва, 24 марта 2009. М.: МГПУ, 2009. С.162-167

Горюнова С.В., Безносков В.Н. Некоторые особенности экологической ситуации в прибрежной зоне морского курорта // Сб. научных трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования».- М.: Изд.РУДН 2004, вып.5, ч.2. С.123-127.

Горюнова С.В., Горюнов В.И. Компьютерная имитационная модель для исследования социально-экономической проблемы. // Тезисы докл. III конф. Научно-учебного центра «Применение физико-химических методов исследования в науке и технике». М.: Изд. УДН, 1990, ч. I. С.37.

Горюнова С.В., Кучкина М.А., Суздалева А.А. Оценка состояния малых городских водных объектов / Сб. науч. трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования», вып. 8. М.: РУДН, 2006. С. 69-74.

Горюнова С.В., Суздалева А.А., Попов А.В., Кучкина М.А. Экологическое состояние техногенных водных объектов и обоснование необходимости их ликвидации // Сборник трудов I Международн. экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности

промышленно-транспортных комплексов» ELPIT-2007. Тольятти: ТГУ, 2007. Т.1. С.220-224.

Горюнова С.В., Суздалева А.Л. Общая схема развития процесса антропогенной деградации водных объектов // Национальная ассоциация ученых (НАУ), ежемесячный научный журнал, № 4 (9). 2015, ЧАСТЬ 2. С.92-95.

Горюнова С.В., Суздалева А.А., Кучкина М.А. Антропогенная деградация водных объектов и возможные пути ее предотвращения / Экология и развитие общества. Материалы XII международной конференции. Дополнительный выпуск. СПб.: МАНЭБ, 2009. С. 83–85.

Гусев Н.Н., Еремеев А.Г., Миронов С.Н. Старинные парки (восстановление, содержание, охрана). М.: Экология, 1993. 255 с.

Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. 88 с.

Еремкин Г.С. Очерк орнитологической фауны Люблинских полей фильтрации // Птицы техногенных водоемов Центральной России. М.: Изд-во МГУ, 1997. – С.7-24.

Забелин И.Е. История города Москвы. М.: Столица, 1990. 688 с.

Иванов А.Н., Неговская Т.А. Гидрология и регулирование стока. М.: Колос, 1979. 205 с.

Калабков А.Л. Структурно-функциональная организация и экологический мониторинг урбосистемы мегаполиса // Автореф. дис. ... докт. биол наук. М.: МГУ, 2003. 42 с.

Кондратьев И.К. Седая старина Москвы. Исторический обзор и полный указатель ее достопримечательностей. М.: Воениздат, 1997.

Кощев Г.В. Создание и сохранение прудов и водохранилищ -важный фактор улучшения экологической обстановки местности // Эколого-мелиоративные вопросы землеустройства. Воронеж: 1991. С.27-32.

Кутова Т.Н. О соотношении развития высших растений и фитопланктона в озере Едрово // Изв. НИИ озерного и речного рыбного хозяйства. 1973. №84. С. 31-45.

Кудряшов М.А., Садчиков А.П. Введение в гидроботанику континентальных водоемов (гидробиологические аспекты). М.: МАКС Пресс, 2002. 248 с.

Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 183 с.

Лихачева Э.А. О семи холмах. М.: Наука, 1990. 144 с.

Максимов В.Н. Проблемы комплексной оценки качества природных вод (экологические аспекты) // Гидробиол. журнал. 1991.Т.27. №3.С.8– 13

Малиновский А.Ф. Обзорение Москвы. М.: Изд. Московский рабочий, 1992. 256 с.

Маслов Н.В. Градостроительная экология. М.: Высшая школа, 2002. 284 с.

Михеев Н.Н., Шпагина А.Н., Ряполова С.Е. Водный кодекс Российской Федерации. Постатейный научно-практический комментарий. // Серия «Кодексы Российской Федерации» Т.VII. М.: Агентство «Библиотечка «Российской газеты», 2001. 287 с.

Молева Н.М. Московские были. Сто адресов русской истории и культуры. М.: Знание 1997. 288 с.

Морозов Н.В. Экологическая биотехнология: очистка природных и сточных вод макрофитами. Казань: Изд. ЮГПУ, 2001. 395

Морозов Н.В., Телитченко М.М. Ускорение очищения поверхностных вод от нефти и нефтепродуктов вселением в них макрофитов // Водные ресурсы. 1977. №6. С.120-131.

Никитин А.В., Мингазова Н.М. Роль малых рек в формировании экологического каркаса // Сборник трудов IV Международного Конгресса «Чистая вода. Казань» науч.изд. – Казань: типогр. ООО «Куранты», 2013.

Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с.

Орлов М.С. Экополис Москва: геоэкологический аспект // Экополис 2000: Экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. М.: Изд-во РАМН, 2000. С.199-200.

Орлов С.В., Попов М.В. Комментарий к закону города Москвы «О землепользовании и застройке в городе Москве». М.: ЮНИТИ, 2004. 175 с.

Охрана природы. Гидросфера. Сборник государственный стандартов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. 115 с.

Пальгунов П.П., Печников В.Г., Бойкова И.Г. Малые водные объекты на территории Москвы // Экология Москвы: решения, проблемы, перспективы. М.: Мэрия, Правительство Москвы, 1997. С.81-87.

Пырина И.Л. О роли фитопланктона и высшей растительности в эвтрофировании Ивановского и Рыбинского водохранилищ // 5 Всероссийск. конф. по водным растениям «Гидробиология-2000». Тез. докл. Борок. 2000. С.69-70.

Родионов В.Б., Безносос В.Н., Волшаник В.В., Суздалева А.Л. Реальные пути решения проблем малых рек России // Наука Москвы и регионов. Инновации, разработки, производство. 2004. №3. С.56-61.

Романенко В.Д., Оксюк О.П., Жукинский В.Н., Стольберг Ф.В., Лаврик В.И. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. Киев: Наукова думка, 1990. 256 с.

Россолимо Л.Л. Антропогенная эвтрофикация водоемов. // Итоги науки и техники. Общая экология. Биоценология. Гидробиология. 1975. Т.2. С.8-60.

Рысин Л.П. Зеленая книга Москвы. М.: Изд-во Театрального института им. Б.Щукина, 2000. 146 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.

Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. 367 с.

Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982. 144 с.

Рябов А.К., Сиренко Л.А. Искусственная аэрация природных вод. Киев: Наукова думка, 1982. 204 с.

Святыни древней Москвы. М.: МП «Никое» ПКП Контакт», 1983.176с.

Сидоренко А.В. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в СССР // Общество и природная среда. М.: Знание, 1980. С. 32–43.

Симкин Г.Н. Антропогенная трансформация фауны и преобразование естественных экосистем // Сб. Экополис-2000. Экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. М.: Изд-во РАМН, 2000. С.170-173.

Сиренко Л.А. Влияние антропогенных воздействий на состояние водных экосистем. // 2 Всесоюзная школа по экологической химии водной среды. М.: Изд-во Ин-та хим. физ. АН СССР, 1988. С.79-95.

Смирнова О., Семенов Д. Водоемы в салу. 2003. М.: Изд-во Фитон, 2003. 160 с.

Суздалева А.А. Инженерно-экологическое обустройство и пути повышения рекреационного потенциала малых городских водных объектов. Дисс. ... канд. техн. наук. (03.00.16 – «Экология») М.: МГСУ, 2005. 188 с

Суздалева А.Л., Безносков В.Н., Горюнова С.В. Биологические инвазии в природно-технических системах // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности», 2015, № 3. С. 34-39

Суздалева А.А., Горюнова С.В. Исследование экологического состояния р. Жужа на территории музея-заповедника «Коломенское» / Сб. науч. трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования», вып.7 (часть 1), М.: РУДН, 2005.С. 97-99.

Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ООО ИД ЭНЕРГИЯ, 2014. 456 с.

Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Биотехносфера: экология и безопасность жизнедеятельности. М.: МГПУ, 2017. 240с.

Суздалева А.Л., Горюнова С.В., Безносков В.Н., Побединский Н.А. Проблема санитарно-микробиологического состояния термальных вод при использовании их в сельском хозяйстве // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Сельское хозяйство. 1999. №5. С.34-38.

Федоров В.Д., Капков В.И. Руководство по биологическому контролю качества природных вод. Ч.1. Учебно-методическое пособие для полевых и лабораторных исследований. М.: Христианское изд-во, 2000. 120с.

Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо. М.: МЦ «Видеоэкология», 1997. 320 с.

Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 335 с.

Чичев А.В. Флора малых рек г.Москвы. Экополис 2000: экология и устойчивое развитие города. Мат. III междунар. конф. М.: Изд-во РАМН, 2000. – С.142-143.

Шамаро А.А. Действие происходит в Москве. М.: Изд. «Московский рабочий», 1988. 222 с.

Шерстнева О.А. Влияние повышенной мутности воды, возникающей при проведении гидротехнических работ, на продуктивность погруженных макрофитов // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Спб: Гос. НИИ озерного рыбн. хоз-ва, 2002. 19 с.

Юфит С.С. Яды вокруг нас. Вызов человечеству. М.: Классикс Стиль, 2002. 368с.

Янин Е.П. Источники и пути поступления загрязняющих веществ в реки промышленно-урбанизированных регионов. // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация. ВИНТИ. 2002. Вып. 6. С.2-56.

Яншин А.Л., Мелуа А.И. Уроки экологических просчетов. М.: Мысль, 1991. 429с.

Battle J.M., Mihuc T.B. Decomposition dynamics of aquatic macrophytes in the lower Atchafalaya a large floodplain river // *Hydrobiologia*. 2000. V. 418. N1. P.123-136.

Boyden S., Milar S., O'Neill B. The ecology of a city and its people. Canberra: Australian National University Press. 1981.

Cliff H., Raper L., Zimmerer A., Basinger M. Litter decomposition of emergent marsh species along Contentnea Creek, North Carolina // *J. North Carolina Acad. Sci.* 2002. V.118. N2. P.111.

Hale M. J. Urban ecology a problem of definition? // *Biol Educ.* 1987. V.21, N 1. P.14-16

Horppila J, Nurminen L. The effect of an emergent macrophyte (*Typha angustifolia*) on sediment resuspension in a shallow north temperature lake // *Freshwater Biol.* 2001. V.46. N11. P. 1447-1455.

Hughes M. The urban ecosystem // *Biologist* 1974. Vol.21, N 3. P.117-127.

Kuehn K.A., Gessner M.O., Wetzel R.G., Suberkropp K. Standing litter decomposition of the emergent macrophyte *Erianthus giganteus* (plumegrass) // *Int. Ver. theor. und angew. Limnol.* 2002. V.27. N7. P.3846-3847/1998;

Kuehn K.A., Suberkropp K. Decomposition of standing litter of the freshwater emergent macrophyte *Juncus effusus* // *Freshwater Biol.* 1998. V.40 N4. P.717-727.

Moughtin J.C, Gardner A.R.T. Towards an improved and protected environment// *Planner.* 1990. V.76. N22. P.9-12.

Pitt A. Water quality management of Beijing in China // *Tsinghua Sci. and Technol.* 2000. V.5 N3. P.298-303

Schmieder K., Pier A. Lakeside reed border characteristics at Lake Constance (Untersee): A comparison between 1981-1983 and 1994 // *Wetlands Ecol. and Manag.* 2000. V.8. N6. P.435-445.

Wigand C., Finn M., Findley S., Fisher D. Submersed macrophyte effects on nutrient exchanges in riverine sediments // *Estuaries.* 2001. V.24. N3. P.398-400.

Wolkinger F. Die Stadt als kunstliches Okosystem // *Stadt Okologie.* Graz, 1977. P. 9-40

**More
Books!** 



yes
I want morebooks!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на
www.morebooks.de

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.morebooks.de

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Bahnhofstr. 28
D - 66111 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscrptum.com
www.omniscrptum.com

OMNIScriptum 