

И.А. Кленова, Д.А. Рудиков

(Ростовский государственный университет путей сообщения;
e-mail: klenowa.i@yandex.ru)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВОЗРОЖДЕНИЮ МАЛЫХ РЕК

Предлагаются экологические подходы к реабилитации малых рек, включающие ликвидацию несанкционированных стоков, очистку дна, вывоз и обеззараживание донных отложений, строительство полигона захоронения донных отложений, очистку речной воды с использованием водного гиацинта.

Ключевые слова: экологическая безопасность, очистка водоёмов, водный гиацинт.

I.A. Klenova, D.A. Rudikov

ECOLOGICAL APPROACHES TO THE REVITALIZATION OF SMALL RIVERS

The ecological approaches to the rehabilitation of small rivers, including the elimination of unauthorized drains, bottom cleaning, removal and disinfection of bottom sediments, the construction of a landfill for burial of bottom sediments, the purification of river water with the help of water hyacinth is offered.

Key words: ecological safety, purification of reservoirs, water hyacinth.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 28 апреля 2017 г.

Одной из важнейших проблем техносферной безопасности является состояние водного бассейна, особенно легкодоступной его части: озёр, прудов и рек. Наиболее крупными источниками загрязнения рек в сельской местности являются минеральные удобрения и пестициды, которые попадают в русла речного бассейна в результате смыва с почвы поверхностными стоками, а также при нарушении правил авиационной обработки посевов, регламентов по транспортировке, хранению и применению удобрений и пестицидов. Следствием этого является эвтрофикация водоёма – повышение его биологической продуктивности в результате накопления в воде биогенных веществ (азота, фосфора). Физико-химические свойства воды при этом ухудшаются, она становится мутной, зелёной, у неё появляются неприятные вкус и запах, повышается кислотность. Во время массового отмирания водорослей на дне реки накапливаются их разлагающиеся остатки. Продукты распада водорослей поглощают кислород из воды, а некоторые из них токсичны. Всё это оказывает негативное воздействие на состояние всего водного бассейна реки, препятствуя естественному стоку воды.

Признаки деградации реки наблюдаются повсеместно – практически на всем её протяжении – и выражаются в заболачивании отдельных участков, зарастании камышом и тростником, что является благоприятной средой для размножения кровососущих насекомых.

В Ростове-на-Дону в 2016 г. разработана концепция возрождения когда-то полноводной, а теперь малой равниной реки Темерник, которая является правым притоком реки Дон [1].

Современное негативное состояние бассейна реки Темерник является результатом многовекового неконтролируемого использования её в качестве общегородской сливной ямы.

Преодоление негативных последствий такого использования реки и связанных с этим эпидемиологических, технологических и других рисков возможно только при преобразовании реки Темерник в "Экологический парк".

Загрязнение реки Темерник связано с изменением свойств воды за счёт сбрасывания в водоём жидких и твёрдых веществ, которые сделали воду опасной для использования, нанеся ущерб народному хозяйству и безопасности населения.

В конце 60-х, начале 70-х гг. прошлого столетия, в связи с регистрацией на территории г. Ростов-на-Дону локальных очагов вспышек холеры, был проведён эпидемиологический мониторинг. В ходе эпидрасследования было установлено, что 80 % случаев инфицирования населения связано с использованием для хозяйственно-бытовых целей воды реки Дон и её притоков, в том числе реки Темерник [2, 3].

Ежегодно с мая по сентябрь в устье реки Темерник у места впадения её в реку Дон отбираются по 22 пробы воды для определения патогенной флоры. В 2014 г. было выявлено наличие культуры *V. Choleras* 01 и сделан вывод о реальной опасности данного водоема как резервуара и фактора передачи инфекции [4]. Таким образом, водоем нуждается в проведении специальных профилактических мероприятий. Результаты многолетнего биологического тестирования устья реки Темерник свидетельствуют, что уровень токсичности реки относится к 4, 5 классам, то есть чрезвычайно токсичен. Экологический статус реки Темерник определяется как поли- и гипертоксический.

Анализ данных биотестирования, проведённого с использованием *Daphnia magna*, *Chlorella vulgaris*, *Chironomus plumosus* и семян *Raphanus sativus*, показал, что токсичность вод и донных отложений реки Темерник неоднородны по степени и местоположению. Выявлены как локальные точки острой токсичности, так и её полное отсутствие. При этом донные отложения более токсичны, чем поверхностные воды [4]. Наиболее загрязненными являются воды городской части реки Темерник.

Наиболее информативными для изучения экологического состояния реки являются донные отложения, поскольку они аккумулируют загрязнения, поступающие в реку на протяжении многих лет.

Наличие значительного количества несанкционированных веществ, неочищенных и необеззараженных хозяйственно-бытовых сточных вод, преимущественно от частных домовладений, приводит к микробному и паразитарному загрязнению как воды, так и донных отложений. Так в районе зоопарка и ниже плотины Низового водохранилища обнаружены яйца гельминтов в количествах, позволяющих отнести иловые осадки к категории чрезвычайно опасных в эпидемиологическом отношении.

С 2000 г. в г. Ростове-на-Дону реализуется целевая экологическая программа по оздоровлению рек Дон и Темерник, предусматривающая разработку и выполнение комплекса работ по этапному вводу очистных сооружений канализации и канализационных коллекторов, созданию условий для дальнейшего развития города [5].

Разработаны и утверждены Первоочередные мероприятия по восстановлению водных ресурсов, экологического и санитарно-эпидемиологического благополучия в бассейне реки Темерник. Проведены тендерные торги на проектирование полигона захоронения и технологии эвакуации донных отложений из русла реки Темерник, ручья Безымянного и балки Темерник.

В "Целевой экологической программе оздоровления водного бассейна реки Темерник", первый из трех планируемых этапов включал расчистку русла протяженностью 2 км, сооружение *полигона захоронения донных отложений (ПЗДО)*, установление *биомодулей с водным гиацинтом – эйхорнией*. При очистке стоков водный гиацинт расщепляет и окисляет промышленные и органические нечистоты на простые элементы и усваивает их как питание. Длинный массивный корень водного гиацинта активно поглощает соли тяжелых металлов, нефтепродукты, фенолы и другие вещества.

В процессе вегетации эйхорнии возможно решать задачи по переработке иловых отложений органического происхождения, за счёт чего в течение одного сезона дно водоёма может быть углублено на 30...50 см. Для замены растений и содержания их в благоприятных условиях был создан биологический модуль, состоящий из 6 секций. На трёх прямоугольных понтонах устроены переходные мостики и площадки для обслуживания биомодуля. По монорельсовому пути передвигается кран малой грузоподъёмности, который опускает или поднимает сетчатые поддоны с растениями для их осмотра или замены. Обслуживается биомодуль оператором-биологом, который определяет состояние насаждений.

Эйхорния – многолетнее водное растение, надводная часть которого состоит из розетки, овальных листьев и цветка, напоминающего гиацинт (отсюда и название – водный гиацинт). Наличие избыточного количества воздуха в стеблях обеспечивает свободное плавание растения на поверхности водоёма [6].

Корневая система эйхорнии, находящаяся в воде, представляет собой длинные, нитевидные пучки, густоопушённые ресничками, которые и обеспечивают основной процесс очистки. В естественных условиях водный гиацинт произрастает в странах с тропическим и субтропическим климатом, поэтому особенностью применения эйхорнии в наших условиях является её сезонность.

Эйхорния – внешне очень нежное растение, представляет собой своеобразную мощную химическую лабораторию, перерабатывающую сложные загрязнители в безобидные элементы. Очищая воду от вредных веществ, растение использует их для роста и размножения. Если вода очистилась и питаться нечем, эйхорния начинает перерабатывать доступный природный ил, а если и его нет, то прекращает вегетацию.

В опытах по иммобилизации биосинтеза на погруженных частях растительности разных видов, таких как стебли тростника обыкновенного, камыша озёрного, рогоза, растений, распространённых в естественных водотоках степной зоны России, а также эйхорнии были получены данные о степени иммобилизации микрофлоры. Наибольшие средневзвешенные привесы биомассы характерны для камыша озёрного, за ним следует тростник обыкновенный и рогоз. Однако наибольшее количество биомассы сорбируется на ворсистых корнях плавающей эйхорнии, что позволяет рекомендовать к использованию её подводную часть в качестве контактного носителя. Наличие развитой корневой системы и достаточно питательного субстрата способствует интенсификации процессов деструкции различных видов загрязнений.

В литературных данных есть сведения о том, что с использованием этого растения можно извлечь из стоков большинство биогенных элементов, таких как азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, сера, а также такие ингредиенты, как фенол, сульфаты, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества, фосфаты. При этом также улучшаются такие показатели, как биологическая и химическая потребность в кислороде.

Однако литературных данных о способности эйхорнии поглощать загрязняющие вещества в условиях биомодуля при скорости течения около 0,4 м/с обнаружить не удалось.

В связи с этим, была изучена возможность использования эйхорнии для очистки воды от загрязняющих веществ как в природных условиях в реке Темерник, так и в условиях лабораторного эксперимента.

В результате проведенных экспериментов была доказана возможность очистки загрязненной воды, содержащей фенол, нефтепродукты, нитриты, нитраты, железо, хром и кадмий как в стоячей воде, так и в воде реки Темерник с использованием биомодулей. Установлено, что скорость очистки зависит от времени года, температуры окружающей среды и длины дня.

Полученные результаты по анализу очистки проточной воды реки Темерник с использованием биомодуля свидетельствуют о его достаточно высоком КПД. Однако для увеличения надёжности очистки вод реки Темерник перед впадением в реку Дон необходимо увеличить количество высаживаемых растений, принимая во внимание, что поглощающая способность эйхорнии в условиях открытой проточной воды возможна для климата Ростовской области лишь с апреля-мая по сентябрь-октябрь, а в октябре она существенно снижается из-за снижения температуры воздуха и воды, а также освещённости.

При этом разработку донных отложений осуществлял земснаряд "Watermaster". Основным недостатком этого способа ведения работ являлось взмучивание донных отложений при их изъятии со дна водоёма, что влечёт за собой вторичное загрязнение водных масс загрязнителями, содержащимися в осадках. Экологическая безопасность в этом случае может быть достигнута производством работ в замкнутых областях, что требует дополнительных финансовых и временных затрат.

В связи с этим, было бы целесообразно для разработок донных отложений использовать подводный дистанционно управляемый эжекторный земснаряд ПДУЭЗ [7], что позволяет избежать вторичного загрязнения воды.

После извлечения на поверхность донные отложения обеззараживались негашеной известью и препаратом "Бингсти" [5]. Этот препарат был внедрён в технологию обеззараживающих работ после научных исследований, которые доказали его эффективность [6]. После обработки донные отложения вывозились на спецмашинах в закрытых кузовах с уплотнённым задним бортом на ПЗДО. Полигон имеет водонепроницаемый экран, который препятствует просачиванию загрязнённых вод в нижележащие слои. Захоронение осуществляется непосредственно в русле реки, в так называемом "кармане". Это решение достаточно оригинально и существенно снижает объём разработки и перемещения на отдалённый ПЗДО эпидемиологически опасных водонасыщенных отложений. Захороненные донные отложения оконтурены со всех сторон водонепроницаемой оболочкой: сверху – бетонным покрытием, с боков – подпорными стенками, снизу – водоупором в виде глинистого основания. Бетонное покрытие на участках захоронения выполнено с уклоном, поэтому оно легко будет промываться водой во время дождей и снеготаяния.

Лотковая часть русла имеет тонкое сечение, что способствует возникновению в нем относительно высоких скоростей течения, которые препятствуют заиливанию и зарастанию русла камышом.

По данным Аз НИИРХа, в состав донных отложений входят вещества, относящиеся к I классу опасности (хром, свинец, ртуть, мышьяк), II-го класса опасности (кадмий, никель, ПАУ и др.).

Использование атомно-адсорбционного спектрометра "МГА 915" показало наличие в донных отложениях реки Темерник марганца, железа и алюминия. ПДК в донных отложениях для Mn, Fe и Al отсутствуют. Поэтому, учитывая, что донные отложения представляют по существу взвеси, произведено сравнение их количества с ПДК для хозяйственно-бытовых вод. Результаты показали, что превышения по марганцу (III класс опасности) составило 41,85 раз, по железу (III класс опасности) – 1223 раза и по алюминию (II класс опасности) – 203 раза.

Из этого следует, что спроектированный полигон (ПЗДО) малопригоден для захоронения на нём донных отложений из реки Темерник. Для повышения надёжности ПЗДО предлагалось внедрить гидроизоляционный экран (плёнку) в проект нового полигона, который представляет собой гидроизоляционную геомембрану Blackline TFS (Дания) на основе полиэтилена высокого давления и низкой плотности (LDPE). Данная мембрана является основой для изготовления любых прудов, ручьёв, искусственных водоёмов и пр. Срок службы данного материала превышает 80 лет.

Данная мембрана имеет широкий спектр применения как гидроизоляционный слой. На дно подготовленного котлована засыпают слой песка толщиной 5...10 см, который поливается водой и тщательно утрамбовывается. Стенки котлована делаются под углом 30° ... 45°. На песчаное основание укладывается геотекстиль, поверх которого укладывается гидроизоляционная мембрана Blackline TFS.

Экологическая целесообразность использования новой технологии заключается в том, что она в кратчайшее время позволяет сформировать хранилище любого объёма и конфигурации. Новая технология ранее имела широкое применение при строительстве накопителей промышленных и бытовых вредных отходов.

Кроме того, в 2000-2006 гг. была модернизирована и реконструирована первая очередь очистных сооружений канализации, построен подземный самотечный канализационный коллектор. В 2005 г. была разработана документация на расчистку 6 км реки вверх по течению от окончания лотковой части.

В 2007-2009 гг. с большим трудом была произведена очистка реки протяжённостью 1,2 км, поскольку в процессе реализации проекта были выявлены существенные объёмы дополнительных работ, связанных с наличием большого количества несанкционированных выпусков, необходимости транспортировки и обеззараживания удалённых иловых отложений, а также работ связанных с неточностями определения глубины заиления.

В феврале 2010 г. в створе ул. Нансена произошло обрушение канализационного коллектора № 68, повлекшее за собой попадание значительного объёма неочищенных стоков в русло реки Темерник. Это послужило основанием для полного прекращения реализации второго этапа расчистки реки. Только в 2015 г. была полностью решена проблема предотвращения сбросов канализации в реку Темерник в районе Зоопарка.

В 2017 г. планируется расчистка 7 км участка от Ботанического сада до Низового водохранилища [1].

Очевидно, что принятые и принимаемые меры по расчистке русла реки Темерник от донных отложений способствуют снижению риска экологического заражения реки Дон и значительных городских территорий. В то же время эти меры можно назвать реабилитационными с большой натяжкой, поскольку речь не идет о восстановлении природного потенциала речного бассейна, а только лишь о снижении темпов деградации отдельных участков реки и локализации процессов негативного воздействия на городскую среду.

В 2008 году качество работ по расчистке русла стало предметом негосударственной экспертизы, выполненной общественной организацией с привлечением учёных и студентов ЮФУ. Инициатор, АНО "Биосфера", утверждал, что проведённые работы по удалению илистых отложений нанесли экологический ущерб зелёным насаждениям Ботанического сада (площадью 9 га), имеющего статус особо охраняемой природной территории федерального значения. По мнению экспертов, это произошло из-за проектных просчётов и недостатков экологического контроля со стороны государственного заказчика за качеством и способами проведения подрядных работ.

Представляет интерес и заключение эксперта по этой работе, ведущего научного сотрудника Южного научного центра РАН, профессора кафедры ботаники факультета биологических наук ЮФУ, доктора биологических наук, кандидата геолого-минералогических наук, Приваленко В.В., который обращает внимание на отсутствие в проектно-сметной документации полноценной оценки воздействия на окружающую среду, ставит под сомнение способы очистки русла реки, указывает на просчёты и недостатки при выполнении работ по оздоровлению пойменных ландшафтов. В заключении он делает вывод о том, что существенное оздоровление экологической ситуации в долине Темерника возможно только после полноценной оценки воздействия на окружающую среду с учётом всех негативных факторов хозяйственной деятельности в бассейне реки.

Вместе с тем, очевидным представляется тот факт, что принимаемые меры по очистке отдельных участков без проведения масштабной подготовительной работы по ликвидации всех источников антропогенного загрязнения всех русел, балок и ручьёв, образующих бассейн реки Темерник, носят относительно кратковременный характер. Расчищенные ранее участки подвергаются повторному загрязнению и заилению, что потребует многократного повторения этой работы в будущем.

Результаты визуального обследования первого расчищенного участка наглядно демонстрируют высокую степень повторного заиления водоёма, необходимость расчистки которого остро возникнет в ближайшие годы.

Таким образом, реализация мероприятий "Целевой комплексной программы оздоровления реки Темерник" имеет несомненный позитивный эффект:

- она снижает риск попадания в реку Дон значительного количества токсичных донных отложений, скопившихся в устье реки Темерник;

- улучшает химические характеристики воды в месте попадания в реку Дон;

- увеличивает проточность реки и снижает уровень рисков, связанных с подтоплением городских территорий в период ливневых осадков и паводков;

- стимулирует процессы комплексного экологического изучения основного русла реки и существующих гидротехнических сооружений на территориях города Ростов-на-Дону и Мясниковского района Ростовской области.

Тем не менее, осуществлённые и осуществляемые меры позволяют получать только локальные и ограниченные во времени позитивные эффекты, так как не учитывают целый ряд факторов, необходимых для достижения долгосрочных результатов, связанных с запуском процессов естественного самоочищения реки Темерник. Для этого необходимо:

- организовать системы экологического мониторинга всего бассейна реки, включая балку Темерник и её истоки;

- осуществлять масштабные меры по ликвидации неорганизованных сбросов жидких и твёрдых бытовых отходов в реку от предприятий и домохозяйств в городе Ростов-на-Дону, Мясниковском и Аксайском районах;

- совершенствовать городскую систему ливневой канализации с устройством очистных сооружений в местах её организованного сброса в русла речного бассейна, а также строительство централизованных сетей хозяйственно-бытовой канализации на ряде территорий, прилегающих к реке Темерник.

- разработать гидродинамическую модель всего речного бассейна;
- восстановить работоспособность и обеспечить работу гидротехнических сооружений и мостовых переходов с водопропускными каналами;
- провести комплекс геологических исследований;
- разработать архитектурно-ландшафтную модель линейного экологического парка, как основного ориентира при формировании проектов и программ практических работ по очистке русел реки, балок и притоков, образующих бассейн реки Темерник.

Реализацию мероприятий "Программы экологического оздоровления реки Темерник" можно рассматривать, как первый (начальный) этап большой работы, направленной на реальное экологическое оздоровление всего речного бассейна, с целью превращения потенциального очага экологического загрязнения в линейный парковый рекреационный комплекс общегородского значения.

Обобщая вышесказанное, целесообразно было бы возобновить использование водного гиацинта не только в устье реки Темерник (перед впадением в реку Дон), но и в местах, подверженных заилению, например, на территории Ботанического сада и зоопарка.

Литература

1. Концепция проекта реабилитации реки Темерник с преобразованием прибрежных территорий в общегородской экологический парк. Ростов н/Д, 2016. 46 с.
2. Токсичность вод и донных отложений урбанизированного участка реки Темерник (г. Ростов-на-Дону, ЮФО). / Бакаева Е.Н., Игнатова Н.А. и др // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. С. 408.
3. Целевая экологическая программа оздоровления водного бассейна реки Темерник. ОАО "Институт Ростовский Водоканалпроект". Ростов н/Д, 2000. 118 с.
4. Кленова И.А. Возможность использования эйхорнии для очистки сточных вод предприятий железнодорожного транспорта // Труды Всероссийской науч.-практ. конф. "Транспорт 2008". Ростов н/Д, 2008.
5. Патент РФ № 2015257. Гидроэжекторный грунтосос. 2000. 9 с.

References

1. Kontseptsiiia proekta reabilitatsii reki Temernik s preobrazovaniem pribrezhnykh territorii v obshchegorodskoi ekologicheskii park (The concept of the project rehabilitation of the river Temernik with the transformation of coastal areas in urban ecological Park). Rostov n/D, 2016. 46 p.
2. Toksichnost vod i donnykh otlozhenii urbanizirovannogo uchastka reki Temernik (g. Rostov-na-Donu, IuFO) (The toxicity of water and bottom sediments of an urbanized stretch of the river Temernik (Rostov-on-don, South Federal district)). / Bakaeva E.N., Ignatova N.A. i dr // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia. 2013. № 2. Pp. 408.
3. Tselevaia ekologicheskaia programma ozdorovleniia vodnogo basseina reki Temernik (Targeted environmental improvement program of the water basin of the river Temernik). ОАО "Institut Rostovskii Vodokanalproekt". Rostov n/D, 2000. 118 p.
4. Klenova I.A. Vozmozhnost ispolzovaniia eikhornii dlia ochistki stochnykh vod predpriatii zheleznodorozhnogo transporta (Possibility of using eyhornii for waste water purification railway transport enterprises) // Trudy Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. "Transport 2008". Rostov n/D, 2008.
5. Patent RF № 2015257. Hidroezhektorni i gruntosos (Hydro the soil pump). 2000. 9 p.