

Методы и проекты ренатурализации малых рек в городской среде: международный опыт

Изучены методы и этапы ренатурализации малых рек с использованием международного опыта в городских условиях. Акцент сделан на структурировании этапов ренатурализации на основе современного мирового опыта. Первый этап исследования включает анализ существующих методов ренатурализации малых рек, представленных в зарубежных и отечественных исследованиях. Представлены этапы практической реализации проектов ренатурализации малых рек в городах. Исследование позволяет выявить оптимальные подходы к реабилитации малых рек в городских условиях, учитывая не только технические, но и социально-экологические аспекты.

Ключевые слова: городская инфраструктура, ренатурализация рек, экологическая инфраструктура, устойчивое развитие, малые реки.

Startseva E. A.

Methods and projects of small river re-naturalization in an urban environment: international experience

This article is devoted to the study of methods and stages of re-naturalization of small rivers using international experience in urban conditions. The emphasis is on structuring the stages of re-naturalization based on modern world experience. The first stage of the study includes an analysis of existing methods of re-naturalization of small rivers presented in foreign and domestic studies. The stages of practical implementation of projects for the re-naturalization of small rivers in cities are presented. The study makes it possible to identify optimal approaches to the rehabilitation of small rivers in urban conditions, taking into account not only technical aspects, but also socio-ecological aspects.

Keywords: urban infrastructure, river renaturalization, ecological infrastructure, sustainable development, small rivers.



Введение

В современных условиях развития городов ренатурализация водных объектов приобретает все большую актуальность. Проекты ренатурализации имеют большую популярность среди международного сообщества экологов. Существует немало зарубежных методологических пособий, содержащих конкретные кейсы и описывающих технологии данного процесса, в то время как среди российских источников подобных материалов значительно меньше. Для данного исследования преимущественно были использованы материалы учебного пособия кафедры прикладной экологии Казанского федерального университета [8] и руководства по восстановлению рек Министерства сельского хозяйства Соединенных Штатов [13]. Проекты ренатурализации малых рек в городах России находятся скорее на стадии обсуждения возможности их реализации. Это связано с вопросами законодательства и управления водными объектами, а также финансирования, эксплуатации и возможности внедрения таких проектов в условиях городской застройки. Тем не менее борьба за сохранение оставшихся открытых малых водотоков активно ведется среди активистских и экологических сообществ, так, на повестке находятся такие объекты, как река Серебрянка в Москве, Патрушиха

в Екатеринбурге, Левинка в Нижнем Новгороде и многие другие.

Принципы проектов ренатурализации малых рек в городской среде

Ренатурализация рек подразумевает под собой систему мер, направленных на улучшение экологического состояния водного объекта и прилегающей территории с применением современных природоохранных технологий. Эти технологии должны быть, в первую очередь, ориентированы на активизацию и управление процессами самовосстановления и самоочищения, а уже во вторую — на применение более активных методов, направленных на повышение качества природных вод и биоразнообразия. Использование термина «ренатурализация» вместо «восстановление» дает возможность для более широкого маневра при проведении соответствующих мероприятий. Термин «восстановить» предполагает возврат к прежнему, первоначальному состоянию, что зачастую невозможно для значительной части водных объектов на освоенных территориях. Одной из проблем в данном вопросе является недостаточная изученность путей и методов ренатурализации малых городских рек [4]. Малые реки формируют уникальные природные комплексы, являются местами обита-

Старцева
Елизавета
Алексеевна

магистрант 2-го курса,
УрФУ, Институт строительства и архитектуры,
кафедра городского строительства и хозяйства,
ООО «Альтек проектирование», архитектор генерального плана, Екатеринбург,
Российская Федерация

e-mail:
eastartseva04@yandex.ru

ния многих видов флоры и фауны, выполняют рекреационные и эстетические функции. Однако зачастую они подвергаются интенсивной антропогенной нагрузке, что приводит к деградации их экологического состояния. Результаты ренатурализации благотворно влияют не только на экологическое состояние города, но и на инвестиционную ценность прилегающих территорий водного объекта, архитектурно-планировочный облик, объединяющий природу с городами и их жителями, а также могут снижать затраты на эксплуатацию подземных сетей, нивелировать подтопления. Процесс ренатурализации является относительно менее затратным по сравнению, например, с поднятием рек из коллекторов и в то же время эффективен в долгосрочной перспективе. Помимо этого, проекты ренатурализации могут иметь социальную значимость. Данная работа посвящена комплексному исследованию методов ренатурализации малых городских рек с использованием международного опыта в этой сфере. Это позволит разработать научно обоснованные рекомендации по сохранению этих важных элементов городских экосистем. Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ и проектов по восстановлению малых рек в городах России.

При проведении мероприятий по ренатурализации речных долин необходимо учитывать ряд важных факторов. В первую очередь, это степень трансформации водного объекта, уровень загрязненности береговых почв и донных отложений, а также геологическое строение прибрежной зоны и дна реки. Кроме того, важно учитывать условия питания и разгрузки водотока, контекст экологической среды и историю формирования водного объекта. Анализ данных параметров предусмотрен к выполнению на ранних стадиях проекта ренатурализации и имеет прямое влияние на последующее проектирование, поскольку полный и грамотный анализ состояния водного объекта и контекста окружающей его среды является основой для плана очистки, размещения рекреационных зон и прогноза эффективности проекта.

Задачи сохранения малых рек должны решаться комплексно, в тесной связи с мероприятиями по благоустройству водоохраных зон и прибрежных полос, особенно в городской среде, где водный объект становится активной точкой притя-

жения. Комплексные решения в процессах ренатурализации повлияют на экономическую и социальную значимость проекта, равно как и на экологическую, в связи с этим проекты такого типа рекомендуется разрабатывать совместно со всеми отделами проектной группы.

Комплекс работ по ренатурализации также должен включать ряд мероприятий, направленных на снижение негативного техногенного воздействия на водоем в будущем. Особое внимание следует уделять поддержанию и восстановлению саморегулирующих функций реки, а не только «купированию симптомов» ее плохого состояния. Поэтому, конечно, реабилитация водотоков должна являться комплексом технических, хозяйственных, биологических, гидрологических, химических, экономических, организационно-правовых и других мер по улучшению качественных и количественных характеристик поверхностных водных объектов, биоразнообразия, оптимального соотношения продукционно-деструкционных процессов, сбалансированности и устойчивости водных и наземных экосистем, реализующихся на основе концепции сосуществования социально-экономических и экологических принципов [5].

В контексте городской среды состояние рек во многом зависит от осознанности и бережного отношения жителей к природе. Поэтому одним из ключевых принципов ренатурализации является повышение экологической культуры населения и формирование устойчивого бережного отношения к малым водным объектам. Комплексный подход, учет степени трансформации реки, ее геологического строения и активное вовлечение местных жителей — все это позволит достичь наиболее эффективных результатов при проведении мероприятий по ренатурализации малых рек.

Были выделены следующие шаги для подготовки и реализации проектов ренатурализации малых рек в городах:

- анализ существующего состояния объекта, его истории, контекста окружающей среды;
- формирование стратегии проекта и его концептуальной идеи;
- прогнозирование состояния водного объекта вследствие его ренатурализации, планирование мероприятий, направленных на саморегуляцию водотока;
- внедрение в проект процессов работы с общественностью.

Методы ренатурализации малых рек

Исходя из того, что нарушенное экологическое состояние водных объектов обуславливается антропогенным влиянием окружающих населенных пунктов, распределением стока, качественным составом водотока, состав комплекса мероприятий, направленных на его восстановление, необходимо формировать индивидуально для каждого случая. Методика восстановления должна основываться на определении уровней воздействия и постепенном их снижении. В данной работе представлены типовые методы ренатурализации, позволяющие определить общие процессы и порядок проведения работ.

Одним из основных подходов к сохранению водных объектов называют ряд мер, оказывающих воздействие на водоток с целью снижения внешней нагрузки. В них входят предотвращение попадания неочищенных ливневых вод в реки (внедрение системы для контроля ливневой воды), строительство локальных очистных сооружений. Ливневые, промышленные и сточные воды являются главными источниками азота, фосфора и других загрязняющих веществ в водоеме. Несмотря на то, что снижение внешней нагрузки может считаться действенным методом, в большинстве случаев другие источники поступления вредных веществ могут восполнять эти потери, тогда требуется проведение дополнительных мероприятий. Например, необходимо учитывать, что запасы фосфора в донных отложениях могут быть мощным внутренним источником этого биогенного элемента. Дополнительным эффективным методом может стать использование удобрений, не содержащих фосфор. Снижая концентрацию фосфора до предела, лимитирующего рост водорослей, можно предотвратить нежелательное «цветение» воды [4].

Схожим эффектом обладают методы высадки прибрежной растительности и берегоукрепление. Существующие традиционные технологии укрепления берегов дают возможность предотвратить процесс ослабления и размыва грунта, вызванный действием воды, например, при помощи специальных объемных сетчатых конструкций — габионов. В последнее время также активно применяется берегоукрепление с использованием бревен лиственницы [6; 8].

Необходимость пояса растительности для рек обусловлена тем, что деревья, затеняя водоток, замед-



Иллюстрации 1, 2. Река Ялу до ренатурализации [9]

ляют рост травянистых растений на берегу. Использование этого метода выгодно еще и тем, что пропадает необходимость покоса водорослей, поскольку повышение освещенности озера после очистки, которое провоцирует их рост, нивелируется искусственно созданным затенением, что оказывает свою роль в снижении вероятности эвтрофирования. Эвтрофирование представляет собой процесс повышения биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под воздействием антропогенных или естественных (природных) факторов. Процесс эвтрофирования ухудшает физико-химические условия среды обитания рыб и других гидробионтов за счет массового развития микроскопических водорослей и других микроорганизмов [8].

Очистка водных объектов от механического загрязнения, а именно антропогенной деятельности (например, бытового мусора, автомобильные покрышки и т. п.) и природного мусора (гниющей древесины, деревьев, веток и др.), также является важным этапом при очистке водотока. Загрязнение способствует затоплению прилегающих территорий, мешает миграции рыбы и влияет на бактериохимическое состояние водного объекта.

Доступность фосфора можно уменьшить, сокращая поступление фосфора из донных отложений при помощи таких методов, как аэрация и оксигенация (насыщение водотока кислородом) [8]. Колебания скорости течения определяют видовой состав рыб и беспозвоночных. Быстрое течение способствует насыщению воды кислородом, что увеличивает объем веществ обитающих в воде организмов и способствует скорейшему самоочищению водотока.

Снижение внутренней нагрузки на экосистему водного объекта может быть достигнуто путем изолирования донных отложений. Такой метод предусматривает организацию искусственного барьера, отделяющего донные отложения от воды. Для этих целей в настоящее время используют геотекстиль, полимерные пленки, покрытия из полиэтилена. Уменьшить количество биогенов в водоеме можно при помощи ускорения процессов удаления, таких как усиление проточности и разбавление чистой водой, а также при помощи выемки донных отложений [8].

Немаловажным методом при ренатурализации рек являются мероприятия по изменению их русла. Извилистые реки имеют более сложный режим течения и более подходящие гидравлические условия, что обеспечивает высокую способность к очистке от загрязнений [12]. Для достижения извилистости водных объектов применяются такие методы, как меандрирование, расширение и разветвление русла. Также изменение русла рек из прямого в меандрирующее улучшает эстетическое качество водного объекта.



Иллюстрация 3. Примененные методы ренатурализации обеспечили доступ жителей к воде. Фотограф Li Kuan. [9]

Высадка очищающих растений и организация биоплато является широко распространенной технологией очистки вод и может быть использована как мера доочистки после выемки донных отложений, так и как самостоятельная мера очистки [4].

Практические примеры ренатурализации малых рек в городах на основе международного опыта

Ввиду немногочисленности реализованных проектов ренатурализации в городской среде были выбраны особенно показательные кейсы, доказывающие возможность реализации таких проектов. Крайне важным фактором при выборе проектов были стесненные условия среды: плотная застройка, промышленные объекты, городские инженерные сооружения.

Река Ялу в городе Тунхуа, Китай

Расположенная в городе Тунхуа река Ялу — городской путь для сброса паводковых вод, протекающий через центр города. Вследствие антропогенных изменений берега реки были залиты в бетон, а над рекой проходило несколько открытых трубопроводов, что негативно влияло на городской ландшафт. Участок реки в основном служил водосбросным каналом, который не выполнял ландшафтных, экологических и рекреационных функций (Иллюстрации 1, 2).

Основная идея проекта — вернуть реку к жизни, позволив людям наслаждаться медленным движением, медленной рекой и медленным временем. Проект полностью учитывает окружающую застройку и формы ведения бизнеса, возникает культурное пространство для научно-популярного образования, и становится динамичным пространством, где жители могут наслаждаться течением реки [9].



Иллюстрация 4, 5. Многоуровневая планировка береговых зон дает возможность затопления нижних ярусов, не препятствуя эксплуатации объекта. Фотограф Li Kuan. [9]



Иллюстрация 6. Состояние реки Мансанарес до ренатурализации [10]



Иллюстрация 7. Состояние набережной реки Мансанарес после ренатурализации [10]

Проектом нарушается искусственно созданный профиль реки. Ширина профиля в 6 м теперь варьируется от 6 до 18 м. Замедляя течение, это позволяет гражданам лучше и безопаснее взаимодействовать с водой (Иллюстрация 3). Также в некоторых местах установлены каскады, обеспечивающие насыщение воды кислородом и стабилизирующие течение (Иллюстрация 4).

Вода в основном очищается травой Вула, которая растет в реке изначально. Также добавлены дополнительные водные растения, а на дно уложены вулканические камни и галька, чтобы усилить функцию самоочищения реки. Кроме того, организована двухуровневая пешеходная зона, нижний уровень которой может затопляться во время паводков (Иллюстрация 5) [9].

Река Мансанарес в г. Мадрид, Испания

В результате бурной автомобилизации в 1970-х гг. в Мадриде было возведено кольцевое шоссе, участок которого был проложен по берегам реки Мансанарес, протекающей в западной части города (Иллюстрация 6). Несмотря на приложенные усилия, шоссе не решило транспортных проблем и к тому же ухудшило экологическую ситуацию соседних районов. Было принято решение реабилитировать прибрежную территорию, так, работы на реке Мансанарес начались с 1980-х г. и продолжаются до сих пор. Первоначальные усилия были сосредоточены на эстетическом улучшении городского фасада, но со временем цели расширились, включив функциональность экосистемы и доступность для населения.

Проектом было принято решение об очищении заиленного русла реки, возведении резервуаров для сбора дождевой воды, для предотвращения обмеления водото-

ка. Организованы общественные пространства для всех возрастных групп населения, кафе и общественные сады, а магистраль, огибавшую реку, перенесли в подземные туннели (Иллюстрация 7).

Этот процесс преобразования Мансанареса является показательным для городских рек, которые должны балансировать между эстетическими и функциональными аспектами восстановления. Данный опыт подчеркивает важность постепенного и комплексного подхода к управлению речными экосистемами в урбанизированных районах [10].

Река Скерне в графстве Дархэм, Великобритания

Река Скерне, приток реки Тис, протекает в графстве Дархэм (Англия). В городах Хауфтон-ла-Скерне и Дарлингтон река протекает в городской парковой зоне, окруженной жилой застройкой и промышленными объектами [3]. Русло реки было выпрямлено и углублено с целью защиты от наводнений и улучшения стока с прибрежной территории (Иллюстрация 8). Наличие жилой застройки с проложенными коммуникациями ограничивало возможности процесса восстановления реки.

В ходе осуществления проекта были проведены работы по меандрированию русла реки, укреплению и перепрофилированию берегов реки для достижения природоприближенного ландшафта, улучшения системы водоотвода канализационной системы и поверхностного стока. Также в пойме реки была создана мелководная болотная зона, способствующая развитию биоразнообразия, и организованы зоны доступа к реке для местных жителей [11].



Иллюстрация 8. Состояние реки Скерне до ренатурализации [3]

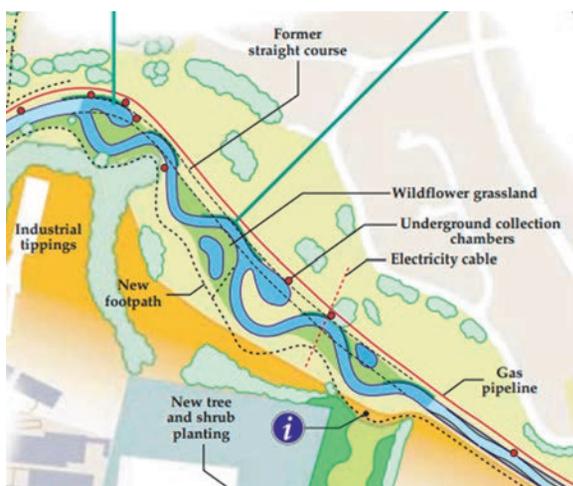


Иллюстрация 9. Фрагмент проекта ренатурализации с обозначением участков меандрирования и применяемых технологий [11]

Представленные проекты являются одними из примеров успешных процессов ренатурализации малых рек в городской среде. Технологии, использованные для их реализации, широко распространены, тем не менее, использованы и подобраны на основе контекста территории и реабилитируемого водотока. Также был учтен характер использования водотоков и их рекреационный потенциал, что соответствует вышеуказанным принципам проектов ренатурализации малых рек.

Заключение

Вопрос ренатурализации водных объектов в городской среде приобретает с каждым годом все большую актуальность. В условиях возрастания антропогенной нагрузки на экологическое состояние рек возрастает риск полного исчезновения этих объектов. В то время как значительная часть малых рек уведена в подземные коллекторы, задачей сохранения экосистем становится не только создание возмещающих средообразующих зон, но и активное сохранение и реабилитация водотоков, оставшихся открытыми. В данной работе были представлены общие методы ренатурализации, описывающие в целом данный процесс и влияющие на него факторы. Методы выявлены на основе немногочисленной методической литературы в области прикладной экологии. Также были описаны проекты ренатурализации, позволяющие убедиться в возможности реализации данных технологий в городах.

Список использованной литературы

[1] Войтов И. В., Сушко С. В. Программы восстановления малых рек — перспектива их «второй жизни» // Тр. БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнология, геоэкология. — 2019. — № 1 (217). — С. 126–133: [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmy-vosstanovleniya-malyh-tek-perspektiva-ih-vtoroy-zhizni> (дата обращения: 13.08.2024).

- [2] Кленова И. А., Шульга Т. Г. Технология очистки реки Темерник // Электрон. науч. журнал «Инженерный вестник Дона». — 2018. — № 1 (48). — С. 1–10: [сайт] — URL: http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/1VD_60_klenova_shulga.doc.pdf_b409f3e7ad.pdf (дата обращения: 13.08.2024).
- [3] Крамер Д. А., Неруда М., Тихонова И. О. Европейский опыт ревитализации малых рек // Научный диалог. — 2012. — № 2. — С. 112–128: [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evropeyskiy-opyt-revitalizatsii-malyh-tek> (дата обращения: 13.08.2024).
- [4] Курочкина В. А. Концепция и основные мероприятия по геоэкологической реабилитации малых рек и прилегающих территорий городов // Вестн. Евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 6: [сайт] — URL: <https://esj.today/PDF/89NZVN622.pdf> (дата обращения: 13.08.2024). — DOI: 10.15862/89NZVN622.
- [5] Политова Н. В. Использование инструмента инженерно-геологического районирования для разработки мероприятий по восстановлению естественной гидросети мегаполисов // ГИАБ. — 2011. — № 6. — С. 67–71: [сайт] — URL: <https://sciup.org/140215085> (дата обращения: 13.08.2024).
- [6] Укрепление берегов / Берегоукрепление. Укрепление берегов рек, водоемов, прудов. Укрепление береговых линий габионами и георешеткой. — URL: <http://www.roadstroy.ru/services/coast-guard>, 2011.
- [7] Черных О. Н., Сабитов М. А., Алтуниев В. И. Типизированные приемы экологического восстановления малых рек Москвы (на примере р. Сетунь) // Природообустройство. — 2015. — № 3. — С. 57–64: [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tipizirovannye-priemy-ekologicheskogo-vosstanovleniya-malyh-tek-moskvy-na-primere-r-setun> (дата обращения: 13.08.2024).
- [8] Никитин О. В., Латыпова В. З. Экотехнологии восстановления водных объектов: конспект лекций. — Казань: ФГАОУ ВО КФУ, 2014. — С. 42: [сайт] — URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21987/02_81_kl-000842.pdf (дата обращения: 13.08.2024).
- [9] Comprehensive renovation of Wulacaogou River in Tonghua County by SHUIISHI: [сайт] — URL: <https://moool.com/en/comprehensive-renovation-of-wulacaogou-river-in-tonghua-county-by-shuishi.html> (дата обращения: 13.08.2024).
- [10] Magdaleno F. Aesthetic vs. functional restoration of urban and peri-urban rivers: the Manzanares River in Madrid (Spain) // CSE Journal — City Safety Energy. — 2017. — № 1. — P. 48–59: [сайт] — URL: https://www.researchgate.net/publication/322266200_Aesthetic_vs_functional_restoration_of_urban_and_peri-urban_rivers_the_Manzanares_River_in_Madrid_Spain (дата обращения: 13.08.2024).
- [11] River Skerne restored 1995/98 // The River Restoration Center, 1998. — 6 p.: [сайт] — URL: https://www.therrc.co.uk/pdf/Publications/skerne_brochure.pdf (дата обращения: 13.08.2024).
- [12] Xiao C., Chen J., Chen D. et al. Mechanism of sinuosity effect on self-purification capacity of rivers // Environmental Science and Pollution Research. — 2023. — October. — № 30 (52). —

- P. 112184–112193: [сайт] – URL: https://www.researchgate.net/publication/374704552_Mechanism_of_sinuosity_effect_on_self-purification_capacity_of_rivers (дата обращения: 13.08.2024). – DOI: 10.1007/s11356-023-30285-2.
- [13] Yochum S.-E., Reynolds L.-V. Guidance for Stream Restoration (Version 5) // Report number: TN-102.5 Affiliation: U. S. Forest Service, National Stream and Aquatic Ecology Center. – 2020. – September. – 126 p.: [сайт] – URL: https://www.researchgate.net/publication/317413747_Guidance_for_Stream_Restoration_Version_5 (дата обращения: 13.08.2024).
- ### References
- [1] Vojtov I. V., Sushko S. V. Programmy vosstanovleniya malyh rek – perspektiva ih «vtoroj zhizni» // Tr. BG TU. Ser. 2, Himicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geokologiya. – 2019. – № 1 (217). – S. 126–133: [сайт] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmy-vosstanovleniya-malyh-rek-perspektiva-ih-vtoroy-zhizni> (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [2] Klenova I. A., Shul'ga T. G. Tekhnologiya ochkistki reki Temernik // Elektron. nauch. zhurnal «Inzhenernyj vestnik Dona». – 2018. – № 1 (48). – S. 1–10: [сайт] – URL: http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/1VD_60_klenova_shulga.doc.pdf_b409f3e7ad.pdf (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [3] Kramer D. A., Neruda M., Tihonova I. O. Evropejskij opyt revitalizacii malyh rek // Nauchnyj dialog. – 2012. – № 2. – S. 112–128: [сайт] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evropejskiy-opyt-revitalizatsii-malyh-rek> (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [4] Kurochkina V. A. Konceptiya i osnovnye meropriyatiya po geokologicheskoy rehabilitacii malyh rek i prilgayushchih territorij gorodov // Vestn. Evrazijskoj nauki. – 2022. – T. 14. – № 6: [сайт] – URL: <https://esj.today/PDF/89NZVN622.pdf> (дата обрashcheniya: 13.08.2024). – DOI: 10.15862/89NZVN622.
- [5] Politova N. V. Ispol'zovanie instrumenta inzhenerno-geologicheskogo rajonirovaniya dlya razrabotki meropriyatij po vosstanovleniyu estestvennoj gidroseti megapolisov // GIAB. – 2011. – № 6. – S. 67–71: [сайт] – URL: <https://sciup.org/140215085> (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [6] Ukreplenie beregov / Beregoukreplenie. Ukreplenie beregov rek, vodoemov, prudov. Ukreplenie beregovykh linij gabionami i georeshetkoj. – URL: <http://www.roadstroy.ru/services/coast-guard>, 2011.
- [7] Chernyh O. N., Sabitov M. A., Altunin V. I. Tipizirovannye priemy ekologicheskogo vosstanovleniya malyh rek Moskvy (na primere r. Setun') // Prirodoobustrojstvo. – 2015. – № 3. – S. 57–64: [сайт] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tipizirovannye-priemy-ekologicheskogo-vosstanovleniya-malyh-rek-moskvy-na-primere-r-setun> (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [8] Nikitin O. V., Latypova V. Z. Ekotekhnologii vosstanovleniya vodnykh ob'ektov: konspekt lekcij. – Kazan': FGAOU VO KFU, 2014. – S. 42: [сайт] – URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21987/02_81_kl-000842.pdf (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [9] Comprehensive renovation of Wulacaogou River in Tonghua County by SHUISHI: [сайт] – URL: <https://moool.com/en/comprehensive-renovation-of-wulacaogou-river-in-tonghua-county-by-shuishi.html> (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [10] Magdaleno F. Aesthetic vs. functional restoration of urban and peri-urban rivers: the Manzanares River in Madrid (Spain) // CSE Journal – City Safety Energy. – 2017. – № 1. – P. 48–59: [сайт] – URL: https://www.researchgate.net/publication/322266200_Aesthetic_vs_functional_restoration_of_urban_and_peri-urban_rivers_the_Manzanares_River_in_Madrid_Spain (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [11] River Skerne restored 1995/98 // The River Restoration Center, 1998. – 6 p.: [сайт] – URL: https://www.therrc.co.uk/pdf/Publications/skerne_brochure.pdf (дата обрashcheniya: 13.08.2024).
- [12] Xiao C., Chen J., Chen D. et al. Mechanism of sinuosity effect on self-purification capacity of rivers // Environmental Science and Pollution Research. – 2023. – October. – № 30 (52). – P. 112184–112193: [сайт] – URL: https://www.researchgate.net/publication/374704552_Mechanism_of_sinuosity_effect_on_self-purification_capacity_of_rivers (дата обрashcheniya: 13.08.2024). – DOI: 10.1007/s11356-023-30285-2.
- [13] Yochum S.-E., Reynolds L.-V. Guidance for Stream Restoration (Version 5) // Report number: TN-102.5 Affiliation: U. S. Forest Service, National Stream and Aquatic Ecology Center. – 2020. – September. – 126 p.: [сайт] – URL: https://www.researchgate.net/publication/317413747_Guidance_for_Stream_Restoration_Version_5 (дата обрashcheniya: 13.08.2024).

Статья поступила в редакцию 09.08.2024.
Опубликована 30.09.2024.

Startseva Elizaveta A.

2nd year master`s student of the UrFU Institute of Construction and Architecture of the Department of Urban Construction and Economy, OOO «Altek proektirovaniye», Architect of the master plan, Yekaterinburg, Russian Federation
e-mail: eastartseva04@yandex.ru