

КОНЦЕПЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЭКЗОРЕАБИЛИТАЦИИ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Н.М. Мингазова, Э.Г. Набеева

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Область восстановления и экзореабилитации водных экосистем является сравнительно новой для России и многих других стран. Концепция, как совокупность взглядов и точек зрения на такое явление, как восстановление водных экосистем, находится в стадии разработки. В статье рассмотрены основополагающие работы, в которых даны научно-теоретические основы для области восстановления, дано представление о российских и зарубежных центрах в области восстановления, освещены методические подходы к вопросам экзореабилитации водных объектов.

В области восстановления и экзореабилитации водных экосистем к настоящему времени нет единого определения данной области, существует немало иных терминов-аналогов (деэвтрофирование, санация, мелиорация, оздоровление, омоложение, улучшение, оптимизация, регулирование, управление водными ресурсами и др.). Концепция и методология находятся в стадии разработки (Мингазова, Котов, 1989; Мингазова, 1999; Восстановление ..., 1994; Макарецца, 1994; Дьяков, 2002; Сметанин, 2003; Мордвицев, Омелаев, 2012 и др.).

Концепция восстановления, как совокупность мнений и точек зрения разных авторов на данное явление, должна включать в себя определение, научно-теоретические основы, принципы и критерии восстановления, средства, способы и методы осуществления. Методология понимается нами как совокупность разных методов и методических подходов, применяемых в определенном порядке, на определенных этапах работ по экзореабилитации водных объектов.

Определения и понятия в области восстановления

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе имеются сведения по ряду мероприятий, способов и методов, направленных на оптимизацию состояния, предотвращение загрязнения, эвтрофирования, деэвтрофирования и др. В основном эти мероприятия касались либо предотвращения загрязнения, либо деэвтрофирования.

По мнению В.Г. Дробковой и М.Я. Прытковой (Восстановление..., 1994), восстановление следует понимать не как возврат экосистемы к ееначальному состоянию в далеком геологическом прошлом, а прежде всего как снижение биогенной нагрузки на озеро, прекращение поступления загрязняющих веществ (нефтепродуктов, тяжелых металлов, пестицидов и др.).

В работах сотрудников Института гидробиологии НАНУ восстановление понимается как частный случай управления водными экосистемами. В работе В.В. Русанова, Н.М. Мингазовой (1991) восстановление рассматривается как новое направление в гидробиологии, применяется термин “водная рекультивация”.

В 1980-е гг. вышел ряд обзорных работ по методам восстановления («Управление качеством воды в каналах», «Действие азотации на природные воды» и т.д.). В 1990-е гг. создается Европейский союз восстановления рек, который детально анализировал методы восстановления речных экосистем.

Понятие «восстановление водной экосистемы» предполагает наличие сведений о начальном (естественном, ненарушенном) состоянии, к которому надо стремиться, которые могут быть получены по аналогии с другими водоемами, расположенными в том же природном районе и не подвергающимися антропогенному воздействию.

Основу научной концепции восстановления озерных экосистем составляют такие понятия и принципы, как природный потенциал экосистемы, трофический статус водоема и устойчивость его экосистемы. При этом природный потенциал озер оценивается величиной биогенной нагрузки на озеро, соответствующей естественному состоянию водоема. По М.Я. Прытковой (Восстановление ..., 1994) необходимо выявление значения минимальной нагрузки, к которому надо стремиться при восстановлении экосистемы озера, но нельзя ставить задачу, связанную со снижением биогенной нагрузки до ее природных значений.

Нами предлагается понимать восстановление как природный процесс улучшения состояния водного объекта под влиянием процессов самоочищения и специальных восстановительных мероприятий, активизирующих эти процессы (Мингазова, 1999).

Под экореконструкцией водных объектов предлагается понимать применение специальных гидротехнических, физических, химических и биологических (биотехнических) методов, способствующих улучшению состояния водных объектов.

Соответственно, эти два понятия можно применять вместе (восстановление и экореконструкция водных объектов).

Принципы восстановления

С позиции закона об эволюционно-экологической необратимости, можно сформулировать два принципа для объяснения процесса восстановления экосистем и биоценозов, а также механизмов этого процесса:

1. Восстановление экосистем и биоценозов из-за связи с внешними условиями идет по пути возвращения прежних условий обитания и состава флоры и фауны (близких к прежним), сформулированный как принцип «генетической, или экосистемной памяти» (Мингазова, 1999).

2. При восстановлении наблюдается не полная, а лишь частичная обратимость биоценозов и экосистем – принцип частичной обратимости при восстановлении (Мингазова, 1999).

При этом нельзя ставить целью восстановления возвращение нарушенной водной экосистемы к исходному состоянию экосистемы, состоянию в далеком прошлом, до антропогенного воздействия (Мингазова, 1999). Это невозможно, согласно тому же закону эволюционно-экологической необратимости (лучшим выражением которого являются хорошо известные понятия: «Дважды нельзя войти в одну реку», «Все течет, все изменяется»).

Любое новое, достигнутое при оздоровительных мероприятиях состояние будет иным, так как полного восстановления экосистемы не может быть по причине потери отдельных компонентов биоценозов. Кроме того, эти состояния могут быть неустойчивыми. И целью восстановления является достижение устойчивого благополучного состояния экосистемы, со значительным снижением антропогенной нагрузки, приближение состояния экосистемы до периода максимальной антропогенной нагрузки, когда произошла деградация водной экосистемы.

Восстановление озерной экосистемы предусматривает и участие естественных процессов самоочищения (приводящих к самовосстановлению), и вмешательство человека по снижению нагрузки загрязняющих веществ с территории водосбора, или вторжению в экосистему для регулирования внутриводоемных процессов. Во втором случае восстановление за счет искусственных мероприятий, по сути, становится одним из видов антропогенного воздействия (управление, регулирование) (Мингазова, 1999).

Роль процессов самоочищения в восстановлении водных экосистем

Согласно концепции восстановления (Мингазова, 1999), гидробиоценозы в известной степени способны кондиционировать свою среду, противодействовать ее изменениям под влиянием внешних воздействий, т.е. представляют собой систему

биологического самоочищения, противостоящую эвтрофикации и загрязнению водоемов, направление и мощность работы которой в значительной мере определяют качество воды.

Самоочищение происходит в любых, даже самых загрязненных водоемах; самоочистительная способность связана с продукционно-деструкционными процессами. Восстановительные мероприятия, осуществляемые человеком, как правило, направлены на активизацию процессов естественного самоочищения.

Самоочищение водоема – это последовательность физических (осаждение, седиментация, перенос течением, растворение, испарение и др.), химических (нейтрализация, окисление, сорбция, коагуляция), биохимических и биологических процессов (окислительно-восстановительная минерализация, фотосинтетическая аэрация, биофильтрация, биоаккумуляция, биodeградация в телах гидробионтов, биоседиментация и т. д.), которая приводит к восстановлению природных свойств водоема.

Эффективность процессов самоочищения зависит от степени сапробности и трофического состояния водоема, а также от интенсивности течения в водоеме, процессов биологического самоочищения и др. Самоочищение водоемов с застойной водой (озерах, прудах) происходит медленнее, чем в проточных водоемах (реках).

Методология экореконструкции водных объектов

В отношении методологии восстановления и экореконструкции озер в литературе указывается, что для определения путей восстановления необходимо оценить современное состояние озера, выполнить комплексные (термические, гидродинамические и гидробиологические исследования, изучение донных отложений) исследования (в течение 2-3 лет) и обобщить сведения по изученным водным объектам типа данного региона. На основе этого разрабатывается проект восстановления конкретного озера и осуществляется его мониторинг. Только на основе оценки современного состояния экосистемы можно сделать вывод о необходимости вмешательства с целью ее оздоровления (Прыткова, 1994).

Методология восстановления понимается нами как совокупность применения методов восстановления в определенном порядке. Не могут одни и те же методы применяться в части экореконструкции в отношении разных типов экосистем, в отношении водоемов, находящихся на разных стадиях загрязнения, для которых выявляются разные последствия антропогенного воздействия (антропогенного эвтрофирования, загрязнения, термофикации, ацидификации, нарушения гидрологического режима и др.).

Для каждого случая необходим тщательный подбор мероприятий с учетом особенностей типа водной экосистемы, его современного состояния, характера и масштабов антропогенной нагрузки, типа водопользования и др. По сути это сложная матрица подбора мероприятий в зависимости от типа водных объектов и масштабов последствий антропогенного воздействия.

Во многих случаях для озер при начальном эвтрофировании нужны только профилактические мероприятия (запретительные, ограничительные, лесомелиоративные, небольшие гидротехнические мероприятия и др.). И только в тяжелых случаях требуется значительное вмешательство в озерную экосистему, такие как удаление части донных отложений, укрепление берегов, аэрация, экранирование, применение биотехнических мероприятий с целью восстановления экосистем и др.

Для каждого проекта необходимо детальное изучение состояния водного объекта и последующая проработка этапов проекта, включающая в себя: 1) подготовительные мероприятия; 2) гидротехнические мероприятия; 3) биотехнические мероприятия.

С использованием данных методических подходов в Казани вполне успешно были осуществлены проекты экореабилитации озер Кабан, Лебяжье, Харовое, Марьино, Чишмье (Набеева, Шигапов, Мингазова, 2025).

Экосистемный и гидротехнические подходы

Важно помнить, что применение необоснованных мероприятий может нанести колоссальный вред, приведя фактически к уничтожению водной экосистемы, при этом в благих целях. Значительная часть проектов восстановления оказываются неуспешными.

Именно поэтому необходимо помнить про “экосистемный” подход при восстановлении, в отличие от традиционного “гидротехнического” подхода. При экосистемном подходе важно восстановить озерную экосистему, а не создать заново водоем, который будет, к примеру, уже не озером, а искусственным водным объектом, по сути, прудом.

Поэтому не следует совершать такие ошибки при восстановлении и благоустройстве городских озер, как:

1) откачка воды из озера для облегчения работы техники (это приведет к потере компонента “вода”, нарушению круговорота веществ и к уничтожению существующей водной экосистемы);

2) полное изъятие донных отложений из водоема (это приведет к потере компонента “донные отложения”, который необходим для круговорота вещества и энергии в водной экосистеме; рекомендуем к удалению не более 50 % площади);

3) изменение береговой линии, дноуглубление, изменение формы и глубины водоема (подобные мероприятия могут привести к нарушению водонепроницаемого слоя и “уходу” воды, а также уничтожению экотопов и мест обитания гидробионтов, усилению антропогенного эвтрофирования);

4) полное удаление водно-болотной растительности (удаление приводит к уничтожению экотопов и мест обитания гидробионтов, нарушению процессов биологического самоочищения; необходимо оставлять не менее 25 % растительности для целей биологического самоочищения);

5) жесткое благоустройство берегов (бетонирование и любое другое жесткое благоустройство берегов ведет к уничтожению экотопов и мест обитания гидробионтов, нарушению процессов биологического самоочищения; необходимо оставлять естественные берега или проводить мягкое берегоукрепление, используя местами геоматы, георешетки и габионы; при этом помнить, что попадание грунта в водоем может привести к заилению и всплышке в развитии водорослей, “цветению” водоема);

6) резкое сокращение территории водосбора (для озер с подземным питанием возможно сохранение естественного гидрологического режима при соотношении площади водоема к площади водосбора 1:1, для озер с атмосферным и поверхностным питанием соотношение должно быть значительно больше (до 1:10) для сохранения естественного гидрологического режима).

Гидротехнические подходы, применяемые при благоустройстве рек, по сути превращают их в каналы (жесткое берегоукрепление). Экосистемный подход заключается в сохранении речной экосистемы, и в этом случае в Европе успешно применяются концепция “Живой реки”, направленная на сохранение поймы, меандр и пойменных озер у рек, а также ревитализации рек, направленная на использование природоподобных технологий при восстановлении рек.

Центры восстановления водных экосистем

Из зарубежных организаций, успешно занимающихся вопросами восстановления водных экосистем, наиболее известны:

- 1) Центр восстановления ветландов в Институте водного хозяйства RIZA (г. Лелистад, Нидерланды) - как центр переподготовки специалистов в области восстановления рек, озер и болот;
- 2) Европейский союз восстановления рек (г. Лондон, Великобритания) - проводит конференции в области восстановления рек;
- 3) Институт передовой водной инженерии PACE (г. Фолленвайдер, Калифорния, США) - проектный институт, реализующий проекты создания водных объектов на базе сточных вод с очисткой стоков;
- 4) Институт озера Бива, озерный Фонд ILEC и Музей озера Бива (провинция BIWA, Япония) - как центры обучения, а также организации мировых озерных конференций.

Из российских центров восстановления следует отметить:

- 1) Институт озерадения РАН (г. Санкт-Петербург) - в 1980-2000-х гг. здесь разрабатывалась концепция восстановления озер, проведены конференции, из специалистов известны работы д.б.н. В.Г. Дрябковой, д.г.н. М.Я. Прытковой и др.);
- 2) Лаборатория оптимизации водных экосистем, кафедра природообустройства и водопользования Казанского (Приволжского) федерального университета - с 1980-х гг. по настоящее время проводятся исследования в области экореабилитации и восстановления озер, разрабатываются и реализуются проекты восстановления, ведется подготовка студентов; из специалистов известны работы д.б.н. Н.М. Мингазовой, д.б.н. Деревенской О.Ю., к.б.н. Набеевой Э.Г. (Набеева, 2010), к.г.н. Шигапова И.С. и др.;
- 3) Институт водного хозяйства ФАБР (г. Екатеринбург) - проводятся исследования в области экореабилитации и восстановления рек, трансформированных добычей полезных ископаемых; переподготовка кадров; из специалистов известны работы д.э.н. Прохоровой Н.Б., к.б.н. Павлюка Т.Е. и др.

Успешность проектов восстановления водных экосистем во многом зависит от профессионализма экологов-реставраторов и детальности исследований, проводимых перед осуществлением проекта.

Литература

- Восстановление экосистем малых озер. СПб: Наука, 1994. 143 с.
- Дьяков О.А. Реставрация, воссоздание и реабилитация ветландов. Методология восстановления // Метеорология, климатология и гидрология. Одесса, 2002. Вып. 46. С. 245-249.
- Макарцева Е.С. Биоманипуляция // Восстановление экосистем малых озер. СПб: Наука, 1994.
- Мингазова Н.М. Антропогенные изменения и восстановление экосистем малых озер (на примере Среднего Поволжья): Дисс. ... докт. биол. наук. Казань, 1999.
- Мингазова Н.М., Котов Ю.С. Казанские озера. Казань: Изд-во КГУ, 1989. 172 с.
- Мордвинцев М.М., Омелаев Т.Ю. Мелиорации водосборов малых рек // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. №3. С. 199-209.
- Набеева Э.Г. Оценка восстановления и самоочищения разнотипных водных экосистем по показателям макрозообентоса: Дисс. ... канд. биол. наук. Казань, 2010. 160 с.
- Набеева Э.Г., Шигапов И.С., Мингазова Н.М. Опыт восстановления городских озер. Казань: Типография «Абзац», 2025. 45 с.