



УДК 556.5

**РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО, ХОЗЯЙСТВЕННОГО И РЕКРЕАЦИОННОГО
ПОТЕНЦИАЛА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОГО
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ИХ ВОДОСБОРОВ**

Кирпичникова Наталья Владимировна, к.т.н., старший научный сотрудник
лаборатории охраны вод
Институт водных проблем Российской академии наук
119333, г. Москва, ул. Губкина, 3

Полянин Владислав Олегович, к.г.н., исполняющий обязанности директора
Институт водных проблем Российской академии наук
119333, г. Москва, ул. Губкина, 3

Вишневская Ирина Александровна, ведущий инженер, лаборатория региональной
гидрологии
Институт водных проблем Российской академии наук
119333, г. Москва, ул. Губкина, 3

*Работа выполнена в соответствии с темой № FMWZ-2022-0002 «Исследования
геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования
качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и
водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий»
государственного задания ИВП РАН*

*Аннотация. Доминирующим направлением водоохранных программ является сокращение
сброса контролируемых сточных вод. Игнорирование целого класса диффузных
источников загрязнения приводит к деградации гидрографической сети. На примере
проведенных исследований на участке Верхней Волги предлагается пошаговая схема
экологической реабилитации водных объектов.*

*Ключевые слова: водные объекты, антропогенное воздействие, источники загрязнения,
диффузный сток, экологическая реабилитация, гидроэкологический потенциал*

Неблагоприятное экологическое состояние водных объектов препятствует эффективному хозяйственному использованию их ресурсов, снижает экономическую ценность прилегающих земель. По данным ежегодных государственных докладов о состоянии окружающей среды многие участки гидрографической сети в пределах бассейна Волги подвержены значимому антропогенному воздействию, которое выражается в интенсификации процессов загрязнения водных объектов, зарастании и обмелении рек, подтоплении территорий, утере их ландшафтной привлекательности и

функционального статуса. Малые реки подвержены истощению водных ресурсов (пересыханию) вследствие бессистемной вырубке лесов, заметного ослабления внимания к вопросам надлежащей эксплуатации гидротехнических сооружений, регулирующих сток. Как следствие происходит –изменение местной структуры течений, скопление мусора и растительных остатков, поступающих с водосбора, интенсификация процессов заиления, цветения воды и ухудшение кислородного режима. Среди серьезных причин, угрожающих малым рекам, можно назвать также распашку пойм и повсеместный выпас скота. Доминирующим источником загрязнения малых рек является сельскохозяйственный сектор – животноводство, внесение (хранение) минеральных и органических удобрений, пестициды. Дополнительным источником нефтепродуктов является парк тракторов, комбайнов, автомобильный транспорт. Не канализованные хозяйственно-бытовые стоки в пределах селитебных территорий (сельские поселения) формируют неудовлетворительное состояние малых рек по санитарно-гигиеническим показателям.

Все перечисленные выше проблемы обусловлены воздействием класса неконтролируемых источников загрязнения диффузного характера, антропогенным преобразованием русел рек и прибрежных территорий [1]. В свою очередь гидроэкологическое состояние малых рек является индикатором существующих проблем и негативных тенденций, связанных с формированием экологических рисков более крупных речных систем.

Интенсивное внешнее воздействие требует разработки научно-методических подходов к восстановлению гидроэкологического, хозяйственного и рекреационного потенциала водных объектов (малых рек и прудов), принципов устойчивого водопользования в пределах их водосборов, а также подготовки практических рекомендаций по отбору и реализации соответствующих проектов. Основная цель последних –экологическая реабилитация водных объектов и создание благоприятных экологических условий устойчивого водопользования.

Для реализации указанных проектов предлагается примерная пошаговая схема действий, приведенная ниже.

1. Инвентаризация водных объектов (также малых рек, прудов, копаней и родников) и создание информационной базы на основе анализа и обобщения архивных и справочных материалов об их гидроэкологическом и санитарном состоянии, имеющихся результатов визуальных обследований водных объектов и их прибрежных территорий, сведений об их современном и перспективном хозяйственном использовании.

2. Разработка с использованием созданной информационной базы критериев оценки экологической, водохозяйственной и социальной значимости водных объектов, алгоритмов ранжирования по степени приоритетности для включения в соответствующие поэтапные программы экологической реабилитации.

3. Проведение экспедиционных натурных исследований с целью уточнения структуры информационной базы, уточнения параметров и обоснования уровня антропогенной нагрузки по видам хозяйственной деятельности и выбора репрезентативных (приоритетных) пилотных объектов:

- рекогносцировочное обследование водного объекта, включая выполнение аэрофотосъемки с использованием беспилотного летательного аппарата и составлением ортофотоплана;

- инвентаризация и оценка воздействия на экосистему водного объекта возможных источников поступления загрязняющих веществ (выпусков сточных вод, ливневой канализации, иных объектов-источников, в том числе рассредоточенных);

- гидрохимическая съемка водного объекта с отбором проб воды с определением химического, бактериологического состава загрязнений, прозрачности воды, содержания растворенного кислорода и др. характеристик воды;

- отбор проб донных отложений с определением их механического состава, содержания загрязняющих веществ и уровня токсичности;

- гидробиологические исследования, включая изучение видового состава фито- и зоопланктона, бентосных организмов, высшей водной и прибрежной растительности, а также условий обитания околородной фауны.

4. Выделение ведущих факторов негативного воздействия на репрезентативных пилотных водных объектах и подготовка рекомендаций по проведению постпроектного мониторинга и поддерживающих природоохранных мероприятий с возможностью реализации эколого-образовательных программ и участия местных жителей.

5. Подготовка концепт-макета экологического паспорта и его содержательной части для выбранных водных объектов/участков водных объектов из ранжированного перечня в зависимости от гидроморфологических условий (отдельно расположенный пруд или копань, малая река или ее отдельный участок, проточный пруд и др.) и степени антропогенного преобразования.

6. Разработка критериев восстановления водного объекта в зависимости от его целевого назначения, особенностей современного использования, а также эстетической и инвестиционной привлекательности прибрежных территорий и расширения их функционального использования с учетом мнений населения и местных органов власти.

7. Разработка методических рекомендаций по восстановлению гидроэкологического и рекреационного потенциала малых рек и прудов на примере пилотных водных объектов

Электронная база данных может быть сформирована на основании фондовых, статистических данных, экспедиционных обследований и научных обобщений. Например, применительно к источникам диффузного загрязнения от объектов сельского хозяйства соответствующий информационный блок может включать следующий набор данных для выбранного водосбора: экспликация сельскохозяйственных угодий (пашни, сенокосы, пастбища); общая масса и дозы вносимых минеральных и органических удобрений, наличие складов удобрений с указанием удаленности от русла реки; численность животных по типам (крупный рогатый скот, свиньи, овцы, козы, лошади, куры); наличие автопарков (сельхоз машин), ремонтных мастерских, заправок; перечень поселков (деревень) с указанием площадей, населения и удаленности от русла реки. По точечным источникам загрязнения предприятий должны быть указаны: расположение выпуска сточных вод относительно истока реки, объем сброса воды, массы сброса по перечню загрязняющих веществ.

После сбора и анализа данных, на первом этапе необходимо провести районирование всей области относительно антропогенной нагрузки. Для показателей нагрузки сельскохозяйственного сектора по численности животноводства и внесенных минеральных и органических удобрений проводится районирование и ранжирование параметров как по общей массе, так и по индексам нагрузки. Индекс по численности животноводства (для каждого типа) для каждого административного района рассчитывается как:

$$I_{\text{ч}} = \text{Ч}_i / \sum \text{Ч}_i \quad (1)$$

где: Ч_i – численность поголовья конкретного типа и конкретного района;

$\sum \text{Ч}$ – суммарная численность поголовья конкретного типа для всего водосбора.

Далее рассчитывается площадной модуль нагрузки по каждому типу животноводства, идентичен плотности:

$$\mu_i = \text{Ч}_i / F_i \quad (2)$$

где: F_i – площадь конкретного административного района.

Индекс диффузной нагрузки можно представить как:

$$I_{\mu} = \mu_i / \sum \mu_i \quad (3)$$

Данный параметр рассчитывался суммарно по всем типам животноводства, но может быть более детализирован.

По такому же алгоритму, но в массовых оценках (M) определяются параметры для минеральных и органических удобрений.

Итоговым этапом может быть разработка ГИС на основе районирования как по рассчитанному выносу биогенных элементов в гидрографическую сеть [2], так и по представленным выше индексам. Примером такого подхода может быть Тверская область, в пределах которой расположен водосбор Иваньковского водохранилища (72%) [3]. Определены зоны с максимальной нагрузкой по основным параметрам сельскохозяйственного сектора и проведено районирование территории по выносу биогенных элементов в гидрографическую сеть.

Для каждого района также составляется перечень малых рек с площадью до 2000 км² (возможно водосбор может располагаться в двух и более районах). Приоритетными определяются районы (соответственно и водосборы малых рек) с высокой нагрузкой по источникам загрязнения, они также являются и первоочередными по приоритету водоохраных мероприятий. Например, по комплексному анализу антропогенной нагрузки Тверской области определен район с высокими параметрами диффузных источников загрязнения, в пределах которого расположено зеркало Иваньковского водохранилища. Детально проведено обследование района, разработаны ГИС для сельскохозяйственных предприятий, разработан геоэкологический мониторинг [4], обобщены результаты экспедиционных работ, проведено районирование малых рек по выносу биогенных элементов с водосборов [5].

Важным аспектом к обоснованию водоохраных реабилитационных мероприятий на водосборах малых рек являются экспедиционные обследования, т.к. стандартный гидрологический и гидрохимический мониторинг на федеральном и региональном уровне таких водных объектов в настоящее время практически не проводится. Многолетние исследования и разработка специального научного мониторинга диффузных источников загрязнения [6] показали, что последние могут быть идентифицированы исключительно в результате практических измерений как в самом водотоке, так и на типовых фрагментах водосбора с характерным антропогенным воздействием.

Список литературы:

1. *Кирпичникова Н.В.* Неконтролируемые источники загрязнения. В кн.: Иваньковское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны. – М.: Наука. – 2000. – С. 36-62.
2. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения (под редакцией В.И. Данилова-Данильяна). М., 2020. 510 с.
3. М. А. Козлова, Н. В. Кирпичникова, Т. Б. Фашевская, В. О. Полянин, О. О. Бородин. Разработка прототипа экспертной системы поддержки принятия решений по оптимизации мероприятий, направленных на охрану водных объектов от диффузного загрязнения (на примере бассейна р. Волги) // Водные ресурсы, 2020, том 47, № 5, с. 546–559.
4. *Кирпичникова Н.В., Курбатова И.Е.* Динамика нарастания неконтролируемой антропогенной нагрузки на береговые зоны источников водоснабжения: разработка методов геоэкологического мониторинга // Сб. докладов Всероссийской научно-практ. конф. «Водные ресурсы России: современное состояние и управление». Сочи. 8-14 октября. Том 1. – Новочеркасск: Лик. С. 284-291.
5. *Кирпичникова Н.В., Полянин В.О., Курбатова И.Е., Черненко Ю. Д.* Критерии к оценке экологического состояния водосборов малых рек и выносу биогенных веществ в Иваньковское водохранилище // Водное хозяйство России, 2021, № 6, с. 81-105.
6. *Кирпичникова Н.В., Полянин В.О.* Особенности организации мониторинга источников диффузного загрязнения природных вод. - Сб. трудов всерос. научн. конф. с межд. участием «Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения». Нижний Новгород. - 2019 г. - С. 389-395.

**DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BASES FOR
RESTORATION OF HYDROECOLOGICAL, ECONOMIC AND RECREATIONAL
POTENTIAL OF WATER BODIES AND CONDITIONS OF SUSTAINABLE WATER
USE WITHIN THEIR CATCHMENTS**

Kirpichnikova Natalia Vladimirovna, Polyenin Vladislav Olegovich, Vishnevskaya Irina Alexandrovna

Annotation. The dominant direction of water protection programs is to reduce the discharge of controlled wastewater. Ignoring a whole class of diffuse pollution sources leads to degradation of the hydrographic network. A step-by-step scheme of ecological rehabilitation of water bodies is proposed based on the example of the conducted research on the Upper Volga section.

Keywords: water bodies, anthropogenic impact, pollution sources, diffuse runoff, ecological rehabilitation, hydroecological potential