

**РАЗВИТИЕ ГИС В ОЦЕНКЕ
МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ДИФFUЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ)**

Кирпичникова Н.В., Вишневская И.А.

*¹⁾Институт водных проблем Российской академии наук
ул. Губкина, 3, г. Москва, Россия
nkirp@list.ru*

Объект исследований – участок Верхней Волги до замыкающего створа плотины Иваньковского водохранилища, площадь водосбора 41000 км². На основании методических подходов по идентификации диффузных источников загрязнения водных объектов разработана многопараметрическая структура электронной базы многолетних данных с формированием соответствующих ГИС. Для разработки водоохранных мероприятий предложены два подхода – административный и бассейновый.

Ключевые слова: диффузные источники загрязнения; структура базы данных; ранжирование антропогенной нагрузки, ГИС.

**DEVELOPMENT OF GIS TECHNOLOGIES IN ASSESSMENT
LONG-TERM DYNAMICS OF DIFFUSE POLLUTION SOURCES (ON
THE EXAMPLE OF THE UPPER VOLGA)**

Kirpichnikova N.V., Vishnevskaya I.A.

*Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences
St. Gubkiin, 3, Moscow, Russia
nkirp@list.ru*

The object of research is the section of the Upper Volga to the closing gate of the Ivankovsky reservoir dam, the catchment area is 41,000 km². Based on methodological approaches for the identification of diffuse sources of pollution of water bodies, a multiparametric structure of an electronic database of long-term data with the formation of appropriate GIS has been developed. Two approaches are proposed for the development of water protection measures – administrative and basin.

Keywords: diffuse pollution sources; database structure; parametric GIS; ranking of anthropogenic load, GIS.

В многообразии источников загрязнения водных объектов вне системы государственного контроля на протяжении последних десятилетий находится класс источников диффузного характера. Это объясняется как сложностью организации специального мониторинга на типовых фрагментах водосборов, так и отсутствием законодательной и нормативной базы.

Соответственно, водоохранные программы федеральных и региональных уровней ориентированы в основном на сокращение хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод (точечные источники загрязнения). К неконтролируемым традиционно относятся: поверхностный смыв с территории городов и промышленных площадок, сельскохозяйственных территорий, площадок ТБО и несанкционированных свалок, а также судоходство, рекреация и т.д.

Специальные экспериментальные исследования явились основой для методических разработок по идентификации и ранжированию источников загрязнения [1, 2, 3]. Многолетняя динамика выноса загрязняющих веществ с антропогенно-нагруженных участков водосборов гидрографической сети Верхней Волги (до замыкающего створа плотины Иваньковского водохранилища) показала постоянное в многолетнем периоде доминирование диффузных источников загрязнения по отношению к точечным [4].

Методики с обоснованием закономерностей выноса загрязняющих веществ в речные системы базируются на анализе основных факторов – гидрометеорологических условий и характере антропогенной нагрузки. Неконтролируемые диффузные потоки формируются исключительно с водными потоками вследствие снеготаяния и стокообразующих жидких осадков. На базе ежедневных отборов проб воды в половодье в створе р. Волги (ниже г. Твери) показана высокая корреляция между слоем водного стока и модулями выноса биогенных веществ [2].

Важным условием в ранжировании загрязнителей водных объектов также является обоснование приоритетных загрязняющих веществ. Например, для городских территорий и промышленных зон характерными являются взвешенные вещества, нефтепродукты, фенолы, ряд тяжелых металлов, соединений серы. Сельскохозяйственные территории многообразны по структуре (удобряемые пашни, сенокосы, пастбища, животноводческие комплексы, навозохранилища, склады минеральных и органических удобрений, ремонтные мастерские), но основные загрязняющие вещества – биогенные элементы (азот, фосфор, калий) и их соединения, а также органические вещества. Особое внимание также уделяется выносу взвешенных веществ, которые могут интенсивно заиливать русла водотоков и их устьевые зоны, нарушая условия водообмена и нерестилищ.

Эффективность водоохранных мероприятий для конкретных территорий – участков водосборов определяются не только с учетом многообразных источников загрязнения, но и их временной динамикой. В результате накопленного экспериментального опыта и совершенствования методик по ранжированию и сопоставлению источников загрязнения была сформирована электронная база данных за 35-летний период (1986-2019 гг.), которая включает не только параметры антропогенной нагрузки с показателями

для каждого года, но и итоговые расчетные значения масс и модулей выноса загрязняющих веществ с фрагментов водосбора, формирующих диффузное загрязнение [6]. Для сельскохозяйственного сектора к основным параметрам могут относиться региональные статистические данные по экспликации сельскохозяйственных земель, внесению минеральных и органических удобрений, численности животноводства, показатели урожайности и т.д. Пример ГИС в многолетней динамике экспликации земель с административным делением 17-ти районов водосбора Иваньковского водохранилища представлена на рис. 1. Расчетные параметры базируются на методических разработках и также представлены в ГИС, пример в массовых оценках выноса азота и фосфора в гидрографическую сеть в начале рассматриваемого периода 1986-88 гг. (рис. 2).

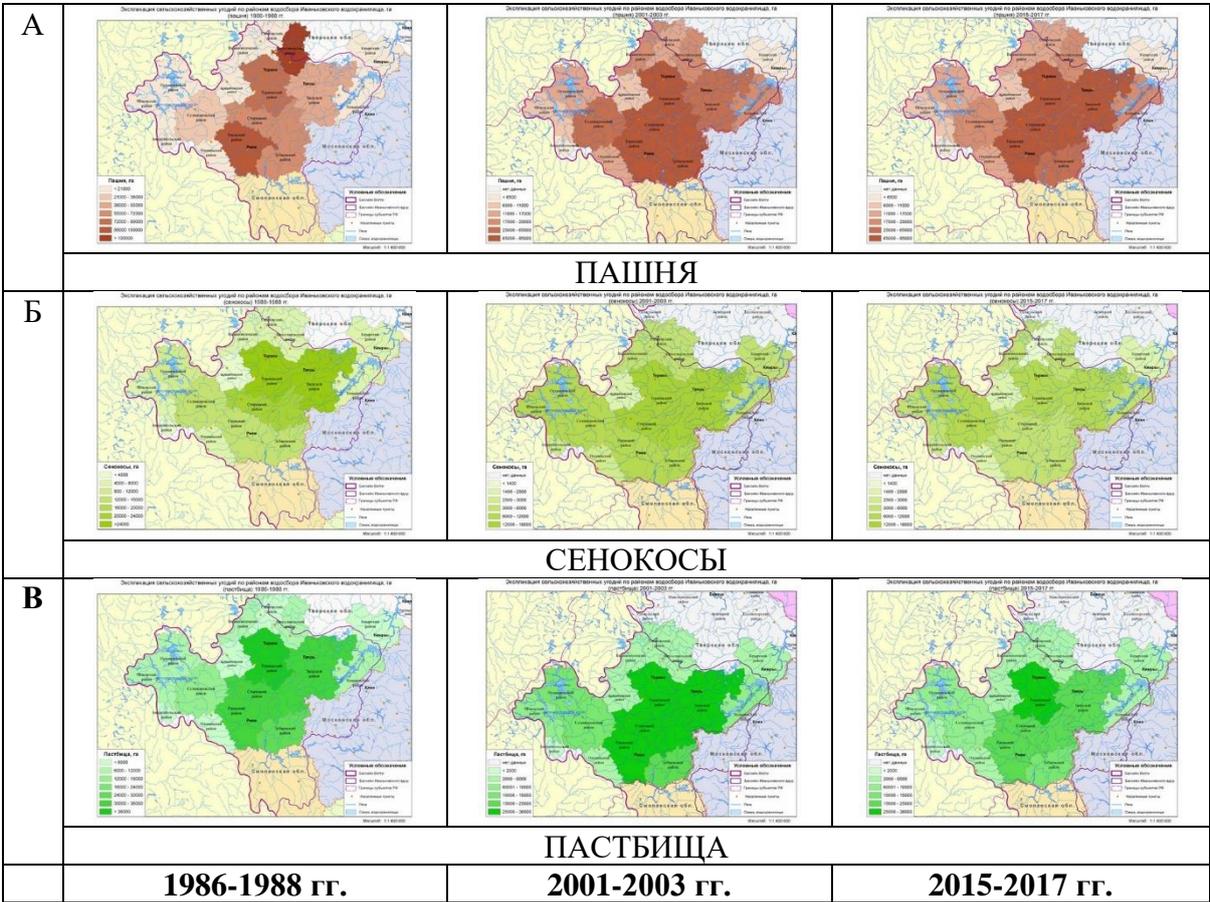


Рис. 1. Динамика сельскохозяйственных угодий по районам водосбора Иваньковского водохранилища: А – ГИС пашни; Б – ГИС сенокосы; В – ГИС пастбища

Дальнейшая детализация антропогенной нагрузки по административному принципу может проводиться для каждого района с представлением

ГИС основных методических и расчетных параметров. Основной целью таких разработок является обоснование водоохранных мероприятий, которые могут формироваться как по административному, так и по бассейновому принципу [7].

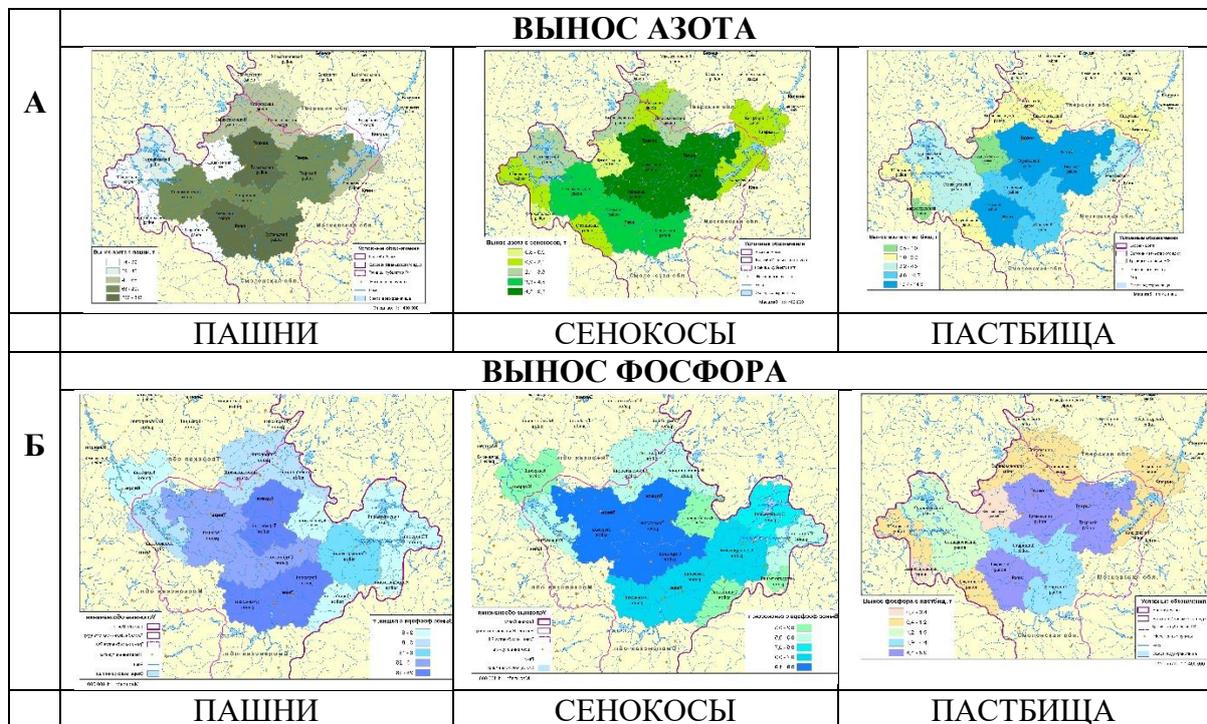


Рис. 2. ГИС расчетных параметров выноса азота и фосфора в гидрографическую сеть административных районов водосбора Ивановского водохранилища (пример 1986-88 гг.)

В бассейновом подходе необходимо проводить систематизацию большого массива данных по гидрометеорологическому режиму конкретного водосбора, экспликации угодий и типизации ландшафтов с выделением сельтебных территорий и зон с высокой антропогенной нагрузкой [8]. Однако, большой проблемой в расчете массовых значений и определении модулей выноса загрязняющих веществ является недостаточная изученность гидрографической сети или отсутствие государственного мониторинга на притоках первого и второго порядка.

Для идентификации влияния диффузных источников загрязнения и районирования водосборов по степени нагрузки необходима организация экспериментальных исследований как в устьевых створах водотоков, так и в створах, распределенных по всей длине реки. Таким образом можно рассчитать модули выноса различных гидрохимических соединений и сопоставить с параметрами самой нагрузки на водосборе [9]. Для организации первоочередных водоохранных мероприятий необходимо определить

участки водосборов с максимальной антропогенной нагрузкой. При районировании водосборов по административному и бассейновому подходам в многолетней динамике как входные статистические данные, так и расчетные выходные значения представляются в соответствующих ГИС.

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

Библиографические ссылки

1. Гордин И.В., Кирпичникова Н.В. Экологическая опасность поверхностных стоков с промышленных площадок и городских территорий // Промышленная энергетика. 1993. № 1. С. 32–37.

2. Кирпичникова Н.В. Неконтролируемые источники загрязнения. В кн.: Ивановское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны. – М.: Наука. 2000. С. 36–62.

3. Кирпичникова Н.В. Методические подходы к оценке и ранжированию источников загрязнения на основе многолетних информационных баз данных. - Сб. трудов всерос. научн. конф. с межд. участием «Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения». Нижний Новгород, 2019. С.385– 388.

4. Данилов-Данильян В.И., Полянин, В.О, Фашевская Т. Б., Кирпичникова Н. В., Козлова М. А., Веницианов Е. В.. Проблема снижения диффузного загрязнения водных объектов и повышение эффективности водоохранных программ // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 503–514.

5. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения (под редакцией В.И. Данилова-Данильяна). М., 2020. 510 с.

6. Кирпичникова Н.В., Черненко Ю.Д. Разработка структуры многолетней базы данных к идентификации диффузных источников загрязнения сельскохозяйственных территорий. - Сб. трудов IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Б. И. Яковлева Горки, Беларусь. 21–22 апреля 2022 г. С. 101– 111.

7. Кирпичникова Н.В., Вишневская И.А. Черненко Ю.Д. Идентификация защищенности гидрографической сети сельскохозяйственных территорий от диффузного загрязнения // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 1. С. 20–43.

8. 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 2018. Том 1. Новочеркасск: Лик. С. 284-291.

9. 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 Ивановское водохранилище // Водное хозяйство России. 2021. № 6. С. 81– 105.