

# КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА

## уровня техногенной нагрузки

### на гидрологические системы

**В статье рассматриваются некоторые теоретические аспекты влияния техногенной нагрузки на гидрологические системы, характеризуются факторы техногенной нагрузки локального уровня (административных районов). Предлагается методика качественной оценки уровня техногенной нагрузки на водные объекты, позволяющая выявить и учесть наиболее масштабные и постоянные факторы техногенной нагрузки и определить уровень их влияния на гидрологические системы для каждого административной единицы исследуемой территории.**

#### Введение

**Р**ациональное использование и охрана водных ресурсов представляет собой одну из первостепенных задач географической науки. Определение перспективных направлений использования гидрологических систем является составной частью оценки ресурсного потенциала водных объектов (малых гидрологических систем). Рациональное использование их ресурсного потенциала, сохранение естественного состояния требуют глубокого изучения техногенных трансформаций, происходящих под влиянием освоения водосборов и акваторий водных объектов.

В условиях интенсивного техногенного воздействия на территорию водосборов происходит изменение ландшафтно-гидрологических условий бассейнов и гидрологических закономерностей формирования стока водотоков и водоемов. В результате возникают проблемы оценки природно-ресурсного потенциала водных объектов с учетом техногенной нагрузки (ТН) и оценки эффективности использования ресурсов гидрологических систем в условиях загрязнения их водосборов и техногенных трансформаций. Характер и интенсивность последствий техногенных воздействий на гидрологические системы в значительной мере зависят от способностей гидрологических систем к саморе-

**М.Е. Захарова\***,  
старший  
преподаватель  
кафедры географии  
и охраны природы,  
Могилевский  
государственный  
университет  
им. А.А. Кулешова,  
Республика Беларусь



гуляции и величины ее устойчивости, которые, в свою очередь, зависят от типологии, морфологии и морфометрии водных объектов, входящих в данные гидрологические системы. Если нагрузка на гидросистему территории оказывается на уровне критических значений, то происходит срыв саморегуляционных процессов, что, в конечном итоге, приводит к возникновению необратимых отрицательных последствий.

Анализ степени техногенных воздействий на гидрологические системы необходим для сохранения регулирующих и связующих функций воды в гидрологических системах и оценки природно-ресурсного потенциала водных объектов конкретной территории. Для сохранения ресурсных функций водных объектов важно учитывать виды, масштабы (интенсивность), продолжительность, распространенность и локализацию последствий техногенных воздействий.

Большинство прикладных географических исследований заканчивается выдачей рекомендаций практикам, в которых обычно содержатся оценки территории, объекта или

\* Адрес для корреспонденции: [iriskapriz@yandex.ru](mailto:iriskapriz@yandex.ru)

процесса. Для оценки степени воздействия важно определить как интенсивность, так и продолжительность воздействия. Формально любая оценка представляет собой один из видов классификации. Для её проведения отбираются признаки определенных свойств объектов, выдвигаются критерии ранжирования и соподчинения. Относительно просто такая процедура проходит тогда, когда разделение проводится по одному признаку. Значительно сложнее её проводить, если таких признаков много. Наиболее сложный вариант возникает в том случае, когда наряду с количественной характеристикой объектов в классификации приходится учитывать их разнообразие. Однозначное их разделение становится маловероятным, если создаваемая классификация должна иметь многоцелевое назначение. Для решения задач такого уровня трудности чаще всего прибегают к бальным оценкам [1].

## Материалы и методы исследования

Оценочная шкала баллов может быть построена различными способами. Она может быть равномерной (равноинтервальной) или произвольно неравномерной. Не лимитируется и число выделяемых классов. С помощью оценочных шкал каждому объекту присваивается значение от нуля (или от единицы) до некоторого максимального числа баллов. При необходимости шкалу можно расширить или сузить. Оценку нескольких объектов по различным направлениям можно использовать для составления интегрированной оценки по тому же принципу.

Для качественной оценки уровня ТН на гидрологические системы Могилевской области оценивались уровни следующих факторов:

- 1 – степень трансформации малых рек;
- 2 – количество диффузных источников загрязнения в пределах водоохранных зон;
- 3 – уровень радиационного загрязнения территории;
- 4 – гидрохимическое загрязнение гидрологических систем (по индексу загрязненности вод).

Канализацию русел малых рек и водотоков можно считать одним из видов ТН. На территории Могилевской области находится более 457 малых рек и водотоков. На значительной протяженности участки русел рек канализованы и включены в систему мелиоративных каналов, выполняющих роль приемников стока. Кроме рек мелиоративное назначение имеют также ряд прудов, как аккумуляторов стока. Вследствие канализации

русел малых рек возникли некоторые гидроэкологические проблемы, в частности, нарушились процессы естественного самоочищения рек, ликвидировались некоторые элементы речных долин. В результате хозяйственной деятельности в 399 из существующих малых рек нарушены естественные элементы их русел и долин. Фактором техногенной трансформации служит протяженность канализации русла. Степень трансформации рассчитывалась пропорцией, где за 100 % принималась протяженность реки по Могилевской области в км, за «Х» – процент сохранившихся естественных ландшафтов вдоль реки.

По степени техногенной трансформации русла малых рек Могилевской области могут быть классифицированы:

- ◆ 1 класс – сохранившиеся полностью (более 90 % протяженности);
- ◆ 2 класс – умеренно трансформированные (сохранившиеся на 90-50 % протяженности);
- ◆ 3 класс – сильно трансформированные (сохранившиеся на 49-10 % протяженности);
- ◆ 4 класс – полностью трансформированные (сохранившиеся на менее чем 10 % протяженности).

Исходя из данной классификации, полностью трансформированы 93 реки на территории области (4 класс), сильно трансформированы 72 (3 класс), умеренно трансформированы 37 (2 класс), сохранились полностью 15 рек (1 класс). В целом по области из 3900 км речной сети спрямленными являются 1527 км. Средний показатель трансформации рек равен 60 %, т.е. речную сеть территории Могилевской области можно оценить как сильно трансформированную [2].

В качестве элементов техногенной трансформации малых водотоков и водоемов замедленного водообмена можно рассматривать изменение гидрохимического режима вследствие загрязнения водной массы. Гидрохимическое загрязнение водных объектов определяется как концентрациями отдельных загрязняющих веществ в водной массе, так и синтетическими показателями, наиболее распространенным среди которых является индекс загрязненности вод (ИЗВ). Определение ИЗВ для створа наблюдения осуществляется по шести приоритетным показателям качества воды по следующей зависимости:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го показателя.  $\text{ПДК}_i$ , (предельно-допустимая концентрация по  $i$ -му показателю исходя из принятого в Рес-

**Таблица 1**

Сводная ведомость факторов и уровень техногенной нагрузки на гидрологические системы Могилевской области

Р-н Могилевской обл.	Степень трансформации малых рек	Количество диффузных источников загрязнения в пределах водоохраных зон	Уровень радиационного загрязнения территории	Гидрохимическое загрязнение (по ИЗВ)	Интегрированная оценка	Уровень техногенной нагрузки
Бобруйский	2	2	1	3	8	средний
Быховский	2	4	3	2	11	высокий
Бельничский	1	3	2	2	8	средний
Глусский	2	1	1	1	5	низкий
Горецкий	3	4	1	1	9	высокий
Дрибинский	3	3	1	1	8	средний
Костюковичский	3	3	3	3	12	очень высокий
Кировский	2	2	2	1	7	средний
Климовичский	3	4	3	1	11	высокий
Кличевский	3	3	2	1	9	высокий
Краснопольский	3	3	4	1	11	высокий
Круглянский	1	3	1	2	7	средний
Кричевский	3	3	3	1	10	высокий
Могилевский	2	4	2	2	10	высокий
Мстиславский	3	4	2	3	12	очень высокий
Осиповичский	2	2	1	4	9	высокий
Славгородский	2	3	4	1	10	высокий
Хотимский	4	3	1	3	11	высокий
Чаусский	3	4	3	1	11	высокий
Чериковский	3	2	4	1	10	высокий
Шкловский	3	4	1	1	9	высокий

публике Беларусь «Обобщенного перечня предельно допустимых концентраций (ПДК)». Вычисление ИЗВ основано на определении среднегодовых концентраций шести ингредиентов, из которых два обязательных – растворенный кислород и БПК<sub>5</sub>, остальные четыре выбираются исходя из приоритетности превышения ПДК. При оценке ИЗВ на основании данных Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь используются следующие 4 дополнительных параметра: азот аммонийный, азот нитритный, цинк, нефтепродукты. ИЗВ в реках и водоемах, находящихся на территории Могилевской области, варьирует в пределах от 0,3 до 1,6. Данный ряд был разделен на 4 категории: 0,3-1 – 1 балл, 1,1-1,2 – 2 балла, 1,2-1,4 – 3 балла, 1,4-1,6 – 4 балла (табл. 1).

Основными источниками загрязнения малых гидрологических систем являются диффузные источники загрязнения. Таковыми следует считать объекты, находящиеся в пределах водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов, а также

расположенные рассеянно на территории водосбора, стоки которых могут непосредственно или опосредованно поступать в водные объекты. Постоянный контроль за качеством и объемом стоков, как правило, не проводится. Тем не менее, загрязняющие вещества с указанных объектов с поверхностным смывом и внутрипочвенносклоновым стоком поступают в водные объекты. В ходе миграции в почвогрунтах накапливается 2-15 % загрязняющих веществ; остальная масса мигрирует в близлежащие водотоки и водоемы. К диффузным источникам загрязнения относятся животноводческие фермы и комплексы, летние лагеря содержания крупного рогатого скота, полигоны твердых бытовых отходов, тракторные мастерские, склады сельскохозяйственных ядохимикатов и удобрений. В пределах водоохраных зон водных объектов, находящихся на территории Могилевской области, выявлено более тысячи ферм и животноводческих комплексов, стоки которых, содержащие соединения азота, попадают в водные объекты. Как правило, на фермах нет навозохра-

нилищ, жижесборников, накопителей и др. водоохраннх сооружений, или существующие не обеспечивают безопасных условий накопления и хранения навозных стоков. В числе прочих объектов, относящихся к категории диффузных загрязнителей и подлежащих обязательному выносу за пределы водоохраннх зон, зафиксированы склады ядохимикатов и минеральных удобрений, мастерские и пункты технического обслуживания сельскохозяйственной техники, склады нефтепродуктов, стоянки автотранспорта, очистные сооружения [3].

Общие положения, подтверждающие влияние диффузных источников загрязнения на природно-ресурсный потенциал малых гидрологических систем, сводятся к следующему.

1. Содержание более 50 % загрязняющих веществ в поверхностных водах обусловлено действием диффузных источников загрязнения.

2. Диффузные источники загрязнения в значительном количестве находятся в водосборах малых рек и водоемов, в основном в пределах водоохраннх зон и прибрежных полос.

3. Малые реки играют значительную роль в поддержании водности средних и больших рек.

3. Транзит загрязняющих веществ от диффузных источников в значительной степени осуществляется малыми реками.

4. Неконтролируемая хозяйственная деятельность в водосборах малых озерно-речных систем существенно увеличивает загрязненность водной массы и ухудшает их природно-ресурсный потенциал.

Степень влияния диффузных источников загрязнения, находящихся в пределах водоохраннх зон, определялась для водных объ-

**Ключевые слова:**

техногенная нагрузка,  
качественная оценка,  
водные объекты

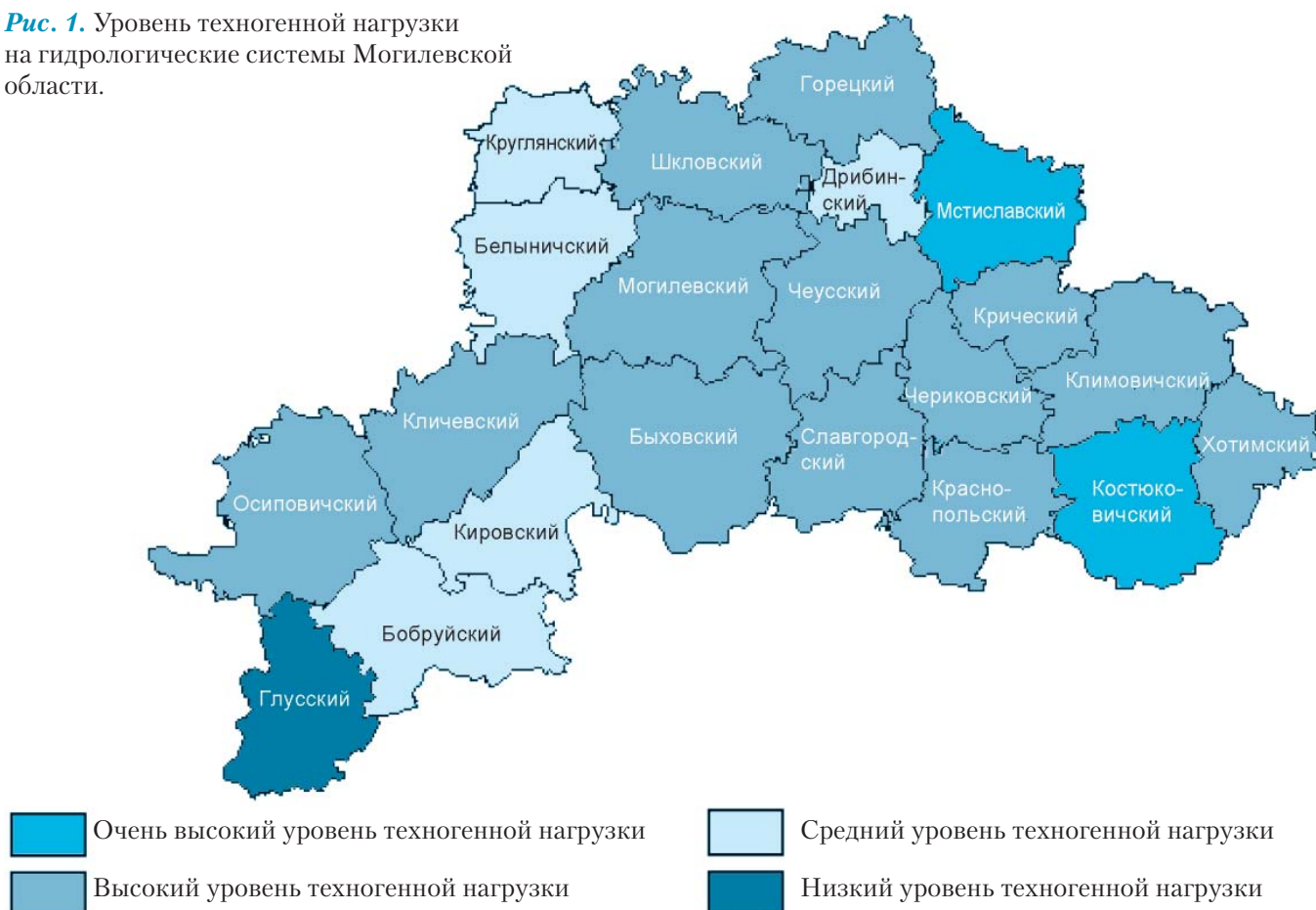
ектов в границах административных районов Могилевской области зависимости от их количества: 1-10 объектов – 1 балл, 11-50 объектов – 2 балла, 51-100 объектов – 3 балла, более 100 – 4 балла (табл. 1).

Радиационную обстановку поверхностных вод как фактор ТН на территории области определяют радионуклиды, имеющие аварийное происхождение (в основном, изотопы цезия и стронция). Основным фактором изменения радиационной обстановки является радиационный распад. Однако период полураспада аварийных радионуклидов настолько велик, что значение данного фактора существенно снижается. Поэтому следующими по значению факторами изменения радиационной обстановки следует отметить факторы массопереноса радионуклидов – водная, почвенная и биогенная миграции, атмосферный перенос и техногенный вынос. Основным источником поступления радиационных элементов в поверхностные и грунтовые воды является почва, а точнее, процесс миграции радионуклидов в вертикальном почвенном разрезе с последующим выносом вещества в водотоки и водоемы внутрипочвенносклоновым стоком. Площадь территорий, непосредственно подвергнувшихся выпадению радиоактивных элементов, значительно превышает площадь водной поверхности, вследствие чего почве (соответственно, территории водосбора) отводится ведущая роль в процессе переноса радиоактивных элементов из почвенной среды в водную.

Проводимые наблюдения показали, что в настоящее время загрязнение поверхностных вод радионуклидами в реках и озерах определяется вторичными процессами – смывом с загрязненных водосборов, поступлением с грунтовыми водами, взаимодей-



**Рис. 1.** Уровень техногенной нагрузки на гидрологические системы Могилевской области.



твием с донными отложениями. Процессы смыва радиоактивного загрязнения дождевыми и талыми водами в речные системы оцениваются как наиболее динамичные, долговременные и опасные.

На общий фон загрязнения поверхностных вод Могилевской области влияет состав и степень активности накопления донных отложений. Донные отложения рек и озер обладают четко выраженной концентрирующей способностью, поэтому степень их загрязненности радиоактивными элементами в десятки и сотни раз превышает загрязненность воды. При этом основная часть радиоактивных элементов сосредоточена в верхнем (2,5 см) слое донных отложений.

Данная закономерность существенно ограничивает возможности использования водных объектов в рыбохозяйственном и рекреационном направлениях; в некоторых случаях водные объекты становятся непригодными к использованию. Вследствие этого снижается их природно-ресурсный потенциал.

Радиоактивная нагрузка на водные объекты Могилевской области оценивалась в зависимости от загрязнения территории водосборов по следующей схеме: менее 1 Кц/км<sup>2</sup> – 1 балл, 1-5 Кц/км<sup>2</sup> – 2 балла, 5-15 Кц/км<sup>2</sup> – 3 балла, 15-40 Кц/км<sup>2</sup> – 4 балла.

Для качественной оценки факторов ТН на водные объекты Могилевской области была использована четырехбалльная неравноинтервальная шкала. Для расчета интегрированного показателя ТН использовался метод сложения соответствующих балльных значений факторов для каждого административного района области и последующего четырехуровневого неравноинтервального ранжирования их суммы:

- ◆ до 5 баллов включительно – 1, низкий уровень ТН;
- ◆ от 6 до 8 баллов – 2, средний уровень ТН;
- ◆ от 9 до 11 баллов – 3, высокий уровень ТН;
- ◆ более 11 баллов – 4, очень высокий уровень ТН.

Оценивались масштабные и распространенные факторы ТН на водные объекты: (табл. 1). Уровень ТН на гидрологические системы в 2 районах области (Мстиславский и Костюковичский) может быть определен как очень высокий, в 13 районах (Осиповичский, Быховский, Горечкий, Климовичский, Кличевский, Краснопольский, Кривичский, Могилевский, Славгородский, Хотимский, Чаусский, Чериковский, Шкловский) уровень ТН высокий. В 5 районах (Бобруйский, Бельничский, Кировский, Дрибинский, Круглынский) – средний,

и только в Глусском районе уровень ТН на гидрологические системы может быть определен как низкий (рис. 1).

## Заключение

**В** результате активной хозяйственной деятельности на водных объектах и территории их водосборов экологические и хозяйственные функции водных систем и прилегающих территорий (водоохранная, ландшафтная, сохранение устойчивого биоразнообразия, рекреационная) частично утрачены, что существенно снижает их природно-ресурсный потенциал.

Задачи восстановления, сохранения и экологической реабилитации малых рек и водоемов необходимо решать в комплексе с мероприятиями по благоустройству территории, примыкающей к водным объектам, которые в значительной степени формируют качество и состояние самих водных объектов, определяя в значительной степени их природно-ресурсный потенциал. На различных участках долин рек наблюдается различная степень нарушения биогеоценозов, вплоть до полной их ликвидации. Можно говорить об антропогенной дигрессии пойменных территорий.

Указанные факторы ТН в настоящее время имеют значительное негативное воздействие

на состояние малых гидрологических систем, которые являются наиболее уязвимыми в случае их нерационального использования и несоблюдения положений водоохранного законодательства.

## Литература

1. Симонов Ю.Г. Бальные оценки в прикладных географических исследованиях и пути их совершенствования. // Вестник Московского университета. 1997. Сер. 5, География. № 4. С. 7-11
2. Захарова М.Е. Анализ трансформации малых озерно-речных систем Могилевской области / М.Е. Захарова, И.В. Лисунова // Тез. докл. межд. н.-пр. конф., посвящ. 90-летию со дня рожд. П.А. Лярского «Теория и практика устойчивого развития: географическое обеспечение». Могилев: УО «МГУ им. А.А. Кулешова, 2008. С. 49-51.
3. Захарова М.Е. Общая характеристика факторов антропогенной нагрузки на реки Могилевской области на примере рек Птичь, Остер и Беседь // Мат. науч.-метод. конф. преподавателей и сотрудников по итогам научно-исследовательской работы в 2008 г. Могилев: УО «МГУ им. А.А. Кулешова, 2009. С. 298-301.



M.E. Zakharova

## QUALITATIVE ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC LOAD ON HYDROLOGICAL SYSTEMS

**S**ome theoretical aspects of anthropogenic load have been described in the paper. Methods for qualitative assessment of economic activity loads on water subjects have

been presented, these allows to reveal the most important anthropogenic factors, and to estimate their impact on hydrological systems for every administrative object.

**Key words:** anthropogenic load, qualitative assessment, water subject