

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**  
**WATER RESOURCES**  
**ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ**

УДК 504.062 + 502.51 + 556.532

**А. Н. Колобаев, А. С. Демидчик**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: aleftin@list.ru*

**ОЦЕНКА ТРАНСГРАНИЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕК БЕЛАРУСИ**

**Аннотация.** Оценка трансграничного воздействия на водные ресурсы и качество вод является одним из важнейших элементов регулирования межгосударственных водных отношений. По результатам оценки трансграничного воздействия на реки Республики Беларусь можно сделать следующие выводы: трансграничное воздействие на водные ресурсы невелико, а необходимые для его определения исходные данные о речном стоке и безвозвратном водопотреблении являются сравнительно устойчивыми. Оценка воздействия на качество вод представляет большие сложности, так как исходные данные о концентрациях загрязняющих веществ в трансграничных створах отличаются значительной изменчивостью: отношение максимальных значений среднегодовых концентраций к их минимальным значениям по отдельным ингредиентам достигает 10 и более. Долевое участие сопредельных государств в трансграничном загрязнении по всем ингредиентам существенно отличается как по годам, так и по источникам информации.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, речной сток, безвозвратное водопотребление, качество вод, загрязняющие вещества, масса и концентрации загрязняющих веществ, трансграничное воздействие на водные ресурсы и качество вод, регулирование межгосударственных водных отношений

**A. N. Kolobaev, A. S. Demidchik**

*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,  
e-mail: aleftin@list.ru*

**ESTIMATION OF TRANSBOUNDING INFLUENCE ON THE WATER RESOURCES  
OF THE RIVERS OF BELARUS**

**Abstract.** The estimation of transbounding influence on water resources and water quality is important for intergovernmental coordinated decision-making in the field of water use and water protection. According to estimation of transbounding influence on the rivers in the Republic of Belarus we can make following conclusion: source information (data) about the river's drain which is necessary for the quantitative estimation is rather steady; the transbounding influence on the water resources is not significant. The estimation of influence on quality water is very difficult. Source information (data) about the concentration of polluting substances in transboundary river station are rather changeable. The relations between maximal values of an average annual concentration and their minimal values on some components reach 10 and over. Share holding of the contiguous states in transboundary pollution on all components is essentially differing on years and source's information as well.

**Keywords:** water resources, the river's drain, quality water, transboundary pollution, concentration of pollutants

**А. М. Калабаеў, А. С. Дзямідчык**

*Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт, Мінск, Беларусь,  
e-mail: aleftin@list.ru*

**АЦЭНКА ТРАНСГРАНІЧНАГА ЎЗДЕЯННЯ НА ВОДНЫЯ РЭСУРСЫ РЭК БЕЛАРУСИ**

**Анотацыя.** Ацэнка замежнага ўздзеяння на водныя рэсурсы і якасць вод – важнейшы элемент регулявання міждзяржаўных водных зносін. Па выніках праведзенай ацэнкі замежнага ўздзеяння на рэкі Беларусі зроблены наступныя вывады: замежнае ўздзеянне на водныя рэсурсы невялікае, а неабходныя для яго вызначэння зыходныя дадзеныя аб рачным сцёку і незваротным водаспажыванні з'яўляюцца параўнальна ўстойлівымі.

**Ключавыя словы:** водныя рэсурсы, рачны сцёк, якасць вады, забруджвальныя рэчывы, замежнае ўздзеянне, регуляванне міждзяржаўных водных зносін

**Введение.** В бассейнах трансграничных рек хозяйственная деятельность на территории одного государства может оказать существенное воздействие как на водные ресурсы, т.е. на величину речного стока, так и на качество воды в природных источниках. Основные факторы

трансграничного воздействия на речной сток: безвозвратное водопотребление на вышерасположенной территории; создание водохранилищ энергетического, ирригационного или другого назначения, что приводит не только к перераспределению речного стока во времени, но и к дополнительным потерям воды на испарение (как разность между испарением с водной поверхности и испарением с поверхности суши).

В большинстве случаев трансграничное воздействие приводит к уменьшению речного стока в нижерасположенных створах рек сопредельного государства. Однако при создании водохранилищ на вышерасположенной территории речной сток в этих створах может и увеличиться (в маловодные периоды или годы), что выгодно другому государству. К сожалению, учет этой выгоды и возможная ее компенсация не нашли отражения в международных конвенциях и соглашениях (в том числе и в Хельсинской «Конвенции по использованию и охране трансграничных водотоков и международных озер» [1], к которой Республика Беларусь присоединилась Указом Президента Республики Беларусь от 21.04. 2003 г. № 161).

Основные факторы трансграничного воздействия на качество водных объектов: сосредоточенные выпуски загрязненных сточных вод (включая выпуски дождевой канализации); рассредоточенные источники загрязнения (вынос загрязняющих веществ с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий, транспортных магистралей, складов хранения ядохимикатов и удобрений, а также от других экологически опасных объектов).

Масса любого загрязняющего вещества от всех источников в конечном итоге достигает трансграничного стока, но не полностью, так как часть загрязнений аккумулируется в донных отложениях русла реки и ее притоков, а оставшаяся часть уменьшается под влиянием процессов самоочищения. Качество воды в трансграничном створе также зависит от естественного речного стока в этом створе и других факторов естественного происхождения. Таким образом, регистрируемые средствами водного мониторинга концентрации загрязняющих веществ в трансграничном створе не могут служить объективной характеристикой антропогенного воздействия сопредельного государства на качество вод.

**Материалы и методика исследований.** Оценка трансграничного воздействия на речной сток осуществляется сравнительно просто. Для этого необходимо располагать данными о безвозвратном водопотреблении и потерях воды на территории другого государства, т.е. данными о разности объемов забираемой и сбрасываемой воды и данными о разности между испарением с водной поверхности водохранилищ и испарением с поверхности суши, затопленной водохранилищами. Учитывается также объем сработки или наполнения водохранилищ за рассматриваемый интервал времени (год, месяц или декада).

При отсутствии данных о водопользовании на сопредельной территории оценка трансграничного воздействия на речной сток может быть произведена не водохозяйственными, а гидрологическими расчетами на основе совместной обработки гидрологической и метеорологической информации в трансграничных створах и близкорасположенных створах стационарных наблюдений. Размер трансграничного воздействия на водные ресурсы обычно выражается в долях (или в процентах) от годового или месячного речного стока: среднемноголетнего, минимального расчетной обеспеченности, наименьшего за период наблюдений, фактического за отчетный год или месяц.

Оценка трансграничного загрязнения представляет собой чрезвычайно сложную задачу, а именно: трансграничный перенос загрязняющих веществ осуществляется не только по речной сети, но и воздушным путем; через трансграничный створ проходит общая масса загрязнений, а для выделения антропогенной составляющей данных или недостаточно, или они определяются с недопустимо большой погрешностью; в действующих системах водного мониторинга концентрации некоторых загрязняющих веществ определяются с существенными ошибками, например, регламентированная нормативами Республики Беларусь [2] максимально допустимая ошибка при определении содержания нефтепродуктов, меди и ряда других веществ превышает 30 %; для корректного определения массы переносимых загрязняющих веществ требуется одновременное измерение как расходов воды, так и показателей ее качества (это условие выполняется не всегда).

Если расстояние от границы государств до ближайшего створа наблюдений за качеством вод сравнительно велико, появляются дополнительные трудности: часть загрязняющих веществ аккумулируется в донных отложениях и выносится водным потоком при интенсивных гидравлических процессах; по длине реки качество воды изменяется под влиянием процессов самоочищения, в свою очередь зависящих от характера загрязнений, скорости течения, температуры воды и других гидравлических и морфологических характеристик; на рассматриваемом балансовом участке может иметь место выклинивание загрязненных подземных вод, а также вынос загрязняющих веществ от рассредоточенных источников загрязнения, количественная оценка которых связана с большими погрешностями.

Таким образом, приходится констатировать, что в настоящее время надежных методов оценки трансграничного воздействия на качество природных вод пока не существует. Требуются специальные исследования в этом направлении. Для ориентировочной оценки можно использовать упрощенную расчетную схему, основанную на следующих допущениях: расходы воды и концентрации загрязняющих веществ в створах реки выше и ниже границы государств определяются в согласованные сроки (с учетом времени добегания) и являются репрезентативными осредненными показателями за рассматриваемый интервал времени; вынос загрязняющих веществ от рассредоточенных источников загрязнения с площади водосбора, ограниченной рассматриваемыми створами, близок к нулю; загрязненность выпадающих осадков компенсируется процессами самоочищения на участке реки между рассматриваемыми трансграничными створами.

При вышеупомянутых допущениях трансграничное загрязнение (без разделения на естественную и антропогенную составляющие) может быть определено по формуле:

$$Z = W_{н.с}K_{н.с} - \sum_{i=1}^n W_i K_j$$

где  $W_{н.с}$  и  $K_{н.с}$  – соответственно средний расход воды и осредненная концентрация загрязняющего вещества в нижнем створе, т.е. на выходе за пределы государства;  $W_i$  и  $K_j$  – расход воды и осредненная концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества в  $i$ -том пограничном створе;  $n$  – количество пограничных створов.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Практически все реки Беларуси являются трансграничными. Примерно половина из них текут на север и относятся к бассейну Балтийского моря, а другая половина – на юг и достигают Черного моря. Уникальна река Припять. Она и ее правобережные притоки берут начало в пределах Украины, а затем, протекая через Беларусь, впадает в Днепр на территории Украины.

В Республике Беларусь количество пунктов наблюдений за речным стоком и качеством вод соответствует рекомендациям Всемирной метеорологической организации. В 2004 г. введена в действие Национальная система трансграничного мониторинга, включающая 35 пунктов наблюдений [3, 4]. Все водопользователи (около 4 тыс.) ежегодно отчитываются об объемах забираемой, используемой и сбрасываемой воды, а также о показателях ее качества. С 1995 г. публикуются обобщенные по бассейнам рек данные государственного Водного кадастра [5]. С 2000 по 2017 г. проведены международные экспедиционные исследования качества вод

Т а б л и ц а 1. Безвозвратное водопотребление и потери вод при регулировании речного стока (за 1985–2017 гг.)

Бассейн реки	Безвозвратное водопотребление и потери воды, км³/год			
	всего		в том числе в пределах РБ	
	мин	макс	мин	макс
Зап. Двина	0,11	0,20	0,08	0,16
Вилия	0,13	0,26	0,13	0,26
Днепр	0,18	0,32	0,10	0,20
Припять	0,48	0,92	0,18	0,27

Т а б л и ц а 2. Экстремальные значения среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в трансграничных створах (за 1994–2017 гг.), мг/дм<sup>3</sup>

Створ	БПК		Азот аммонийный		Нефтепродукты	
	мин	макс	мин	макс	мин	макс
Зап. Двина, Сураж	1,81	4,40*	0,19	1,14	0,01	0,17*
Зап. Двина, Верхнедвинск	1,89	3,43	0,28	1,12	0,02	0,12
Днепр, Лоев	1,46	3,10	0,17*	2,01*	0,03	0,10

Т а б л и ц а 3. Экстремальные значения долевого участия Республики Беларусь и соседних государств в трансграничном загрязнении водных объектов (%)

Показатель	Зап. Двина		Днепр		Припять	
	РБ	РФ	РБ	РФ	РБ	Украина
БПК	51–82	18–49	45–73	27–55	24–87	13–76
Нефтепродукты	22–83	17–78	31–71	29–69	33–80	20–67
Азот аммонийный	45–76	24–55	43–91	9–57	21–83	17–79

Т а б л и ц а 4. Дополнительные ошибки в определении массы загрязняющих веществ вследствие отсутствия синхронизации измерения количества и качества вод (%)

Показатель	Дополнительные ошибки, %		
	максимальные		средние
	со знаком «+»	со знаком «-»	
БПК	38	22	6
Нефтепродукты	30	50	7

в бассейнах Днепра, Припяти и Западного Буга. Результаты этих исследований частично опубликованы [6, 7]. С Россией и Украиной производится взаимный обмен данными по бассейнам трансграничных рек. Сопоставительный анализ информации, содержащейся в вышеперечисленных источниках, и расчеты по вышеизложенным методам позволили подготовить обобщенные сведения, которые представлены в табл. 1–4.

**Заключение.** Исходные данные о речном стоке и безвозвратном водопотреблении, необходимые для оценки трансграничного воздействия на речной сток, являются сравнительно устойчивыми. Отношение максимального (за последние 34 года) безвозвратного водопотребления к его минимальному значению не превышает двух (табл.1). Погрешность этих данных оценивается в 10–15 %.

Трансграничное воздействие на водные ресурсы Республики Беларусь незначительно и находится в пределах точности гидрологических расчетов. Невелико также влияние водохозяйственной деятельности в пределах Беларуси на водные ресурсы рек соседних государств. Исключение составляет лишь река Вилия [8]. Величина безвозвратного водопотребления и потеря воды в бассейне этой реки в отдельные годы достигала 15 % от речного стока маловодного года 95 %-ной обеспеченности. Однако в маловодные месяцы речной сток на входе в Литву увеличен в результате целенаправленных попусков из Вилейского водохранилища, что обеспечивает устойчивое водопользование на территории соседнего государства. В последние годы безвозвратное водопотребление в бассейне Вилии имеет тенденцию к снижению.

Исходные данные о концентрациях загрязняющих веществ в трансграничных створах отличаются значительной изменчивостью. Отношение максимальных значений среднегодовых концентраций к их минимальным значениям по отдельным ингредиентам достигает 10 и более (табл. 2). Долевое участие сопредельных государств в трансграничном загрязнении по всем ингредиентам существенно отличается как по годам, так и по источникам информации.

По ориентировочной оценке масса загрязняющих веществ от России и Украины в бассейнах Днепра, Припяти и Зап. Двины сопоставима с нагрузкой, формирующейся в пределах Республики Беларусь. Например, доленое участие Беларуси в загрязнении вышеупомянутых рек органическими веществами на протяжении последних 10 лет находится в диапазоне 13–87 % (табл. 3).

Отсутствие синхронизации измерений количества и качества вод приводит к дополнительным ошибкам в определении массы загрязняющих веществ на 5–10 %, а в условиях неблагоприятного внутригодового распределения речного стока – до 50 % (табл. 4).

Для повышения достоверности данных о трансграничном загрязнении водных объектов целесообразно следующее: полная реализация межгосударственной программы трансграничного мониторинга [3, 7, 9]; верификация используемых ретроспективных и текущих данных с применением объективных методов контроля; синхронизация измерений количества и качества вод; в частности, предлагается уточнить программу трансграничного мониторинга Республики Беларусь и предусмотреть ежемесячную (вместо ежеквартальной) периодичность проведения гидрологических измерений на трансграничных створах; организация и проведение стационарных наблюдений на водосборах, незатронутых хозяйственной деятельностью, для определения фоновых концентраций загрязняющих веществ и оценки загрязнения водных объектов воздушным путем [10, 11].

#### Список использованных источников

1. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (принята в Хельсинки в 1992 г. и вступила в силу в 1996 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/watercourses\\_lakes.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercourses_lakes.shtml). – Дата доступа: 11.05.2017.
2. Реестр методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении измерений в области охраны окружающей среды. В 3 ч. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2012.
3. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 17.03.2004 № 66 «О некоторых вопросах организации работ по проведению мониторинга поверхностных и подземных вод в пунктах наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь». – Минск, Минприроды Респ. Беларусь, 2004.
4. Герменчук, М. Г. Состояние поверхностных вод и система мониторинга на территории Республики Беларусь / М. Г. Герменчук: материалы 3-го Междунар. водного форума. – Минск: Минприроды Респ. Беларусь, 2008. – С. 38–46.
5. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод за 1994–2017 гг. – Минск: Минприроды Респ. Беларусь, 1995–2018 гг.
6. Колобаев, А. Н. Результаты специализированных экспедиционных исследований качества вод в бассейне Днепра (в пределах Республики Беларусь) / А. Н. Колобаев, Л. Н. Скрипниченко, Г. Н. Тищиков. – Минск: Белсэкс, 2004. – 79 с.
7. Оценка характеристик водного режима трансграничных участков рек Днепр, Зап. Двина, Неман, Зап. Буг, Припять, Вилия, обеспечивающих их функционирование / В. Н. Корнеев [и др.] // Сб. науч. тр. Природные ресурсы и окружающая среда / под ред. И. И. Лиштвана. – Минск, 2016. – С. 174–178.
8. Асмаловский, Н. А. Возможные изменения водного режима Вилии после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС / Н. А. Асмаловский, А. Н. Колобаев // Природные ресурсы. – 2018. – № 1. – С. 23–31.
9. Особенности гидрологического мониторинга на участках и в бассейнах международных рек / Н. И. Алексеевский [и др.] // Водные ресурсы. – 2015. – № 6. – С. 569–580.
10. Какарека, С. В. Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха и его регулирование / С. В. Какарека. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 320 с.
11. Тищиков, Г. М. Организация наблюдений за качеством речных вод на фоновых участках / Г. М. Тищиков, А. П. Станкевич, Е. П. Богодяж: материалы 4-го Междунар. водного форума. – Минск, 2010. – С. 309–313.

Поступила 21.11.2019