

ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОД ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ НАРВА

Цель проведенного исследования заключалась в разработке методики оценки загрязненности трансграничных вод сопредельных государств. Разработана методика оценки качества трансграничных речных вод. Методика базируется на расчете химического индекса и классификации качества воды. Методика оценки качества речных вод основана на измерении ряда химических параметров в пробах воды с последующим представлением полученной комбинации результатов в виде химического индекса CJ , который характеризует обобщенное качество воды. Для каждого параметра определяется его относительному весу W . Этот вес может рассматриваться как приоритетность каждого параметра. Затем для каждого параметра определяется значение подиндекса q с помощью оцифрованных градуировочных графиков. Химический индекс загрязненности воды CJ является мультипликативной функцией подиндексов q в степени, равной относительному весу каждого параметра W . Также разработана классификационная система оценки загрязненности трансграничных водных объектов на основе модели «разломанного стержня». Количество классов качества вод принято равным 5. На основе разработанной методики выявлена динамика качества вод трансграничной реки Нарва с 2006 по 2015 гг. Установлено, что за этот период вода реки Нарва характеризуется как «слабо загрязненная» (2-й класс качества). Химический индекс CJ варьировал от минимального значения 90,5 в 2007 г. до максимального значения 92,5 в 2009 г. За весь рассматренный период среднее значение $CJ = 91,6$.

Ключевые слова:

качество воды, река Нарва, трансграничный водный объект, химический индекс.

Фрумин Г.Т., Фетисова Ю.А. Динамика качества вод трансграничной реки Нарва // Общество. Среда. Развитие. – 2017, № 1. – С. 85–87.

© Фрумин Григорий Тевелевич – доктор химических наук, профессор, Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург; e-mail: gfrumin@mail.ru

© Фетисова Юлия Александровна – аспирантка, Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург; e-mail: julika92@mail.ru

Российская Федерация граничит с 14 государствами Европы и Азии. Государственную границу пересекает свыше 800 различных водных объектов, среди которых – 70 больших и средних рек, большинство из которых являются жизненно важными как для России, так и для граничащих с ней государств. В 1992 г. Россия присоединилась к Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, подписанной в том же году странами ЕС в Хельсинки. Международные конвенции и соглашения, регламентирующие взаимоотношения государств при совместном использовании водных объектов, охватывают широкий круг проблем, среди них одной из важнейших является проблема оценки качества водных ресурсов и степени их загрязненности [4, с. 14; 6, с. 174–189]. Отсутствие механизма, регулирующего взаимную ответственность государств за систематическое загрязнение трансграничных вод сверх экологически допустимых уровней, является весьма серьезной и нерешенной проблемой международных водных отношений и не способствует активизации работ по оздоров-

лению трансграничных водных объектов. Правовую основу использования водных ресурсов в Европе обеспечивает Рамочная директива по воде (РДВ) (2000/60/ЕС), принятая ЕС в 2000 г. Этот документ регламентирует подходы к политике охраны, использования и управления водными ресурсами и призван к 2015 г. гармонизировать и унифицировать подходы стран ЕС к управлению водными ресурсами и их охране [5, с. 8]. Природоохранной целью РДВ является достижение «хорошего статуса» всех грунтовых и поверхностных вод. РДВ содержит ряд общих требований по экологической защите поверхностных вод («хороший экологический статус») и общие минимальные требования по химическим параметрам («хороший химический статус»). К примеру, в Эстонии используют следующие показатели: биологические, физико-химические и гидроморфологические. Общая оценка состояния водного объекта дается на основании самого худшего показателя. В Российской Федерации с 2002 г. степень загрязненности вод оценивается гидрохимическими показателями с использованием «удельного комби-

86 | наторного индекса загрязненности воды» (УКИЗВ) (РД 52.24.643–2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»). Осложняет сотрудничество в сфере охраны трансграничных водных объектов отсутствие единых критериев оценки степени их загрязненности.

Нарва – река на границе Эстонии и Ленинградской области Российской Федерации. На реке расположены города: российский Ивангород и эстонские Нарва и Нарва-Йыэсуу. Река берёт начало из Чудского озера и впадает в Нарвскую губу Финского залива Балтийского моря. Длина реки 77 км, из них 40 км – верхнее течение, 20 км – среднее течение, 17 км – нижнее течение. Площадь бассейна 56 200 км². Расход воды в устье реки 399 м³/сек или 12,58 км³/год, что на 78 м³/сек или на 2,46 км³/год больше, чем у истока. Питание реки – смешанное с преобладанием снегового (большую часть воды приносит Чудское озеро). Основными притоками Нарвы являются реки Плюсса и Россонь [3, с. 35].

Цель проведенного исследования заключалась в разработке единой методики оценки загрязненности трансграничных вод сопредельных государств для оценки динамики качества воды трансграничной реки Нарва.

Материалы и методы исследования

Попытка оценить качество речных вод на основе химических критериев была сделана в Баварской службе использования вод. Этот метод основан на исследованиях, проведенных ранее в США и Шотландии [1, с. 26–27]. Метод включает измерение ряда химических параметров в пробах воды (табл. 1) с последующим представлением полученной комбинации результатов в виде одного числа (химического индекса), который представляет собой обобщенное качество воды в данной пробе.

Таблица 1

Параметры, используемые для расчета химического индекса и их относительные веса

Параметр	Вес, W
Растворенный кислород, % насыщения	0,20
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0,20
Температура воды, °С	0,08
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,15
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,10
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,10
pH	0,10
Электрическая проводимость, мксм/см	0,07

Химический индекс является мультипликативным и выражается в следующей форме:

$$CJ = \prod_{i=1}^n q_i W_i = q_1 W_1 \cdot q_2 W_2 \cdots q_n W_n \quad (1)$$

где CJ – химический индекс, безразмерная величина непрерывной шкалы от 0 до 100 (здесь 0 – худшее и 100 – лучшее качество воды); n – число параметров; q_i – подиндекс для i -го параметра (безразмерная величина между 0 и 100, являющаяся функцией от i -го параметра); W_i – вес i -го параметра, число между 0 и 1, причем сумма весов равна 1, то есть

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (2)$$

Химический индекс вычисляется следующим образом.

1. Для каждого параметра определяется его относительный вес (W) (табл. 1). Эти веса могут рассматриваться как приоритетность (важность) каждого параметра.

2. Для каждого параметра находится значение подиндекса (q), получаемое по аналитически определенному параметру в данной пробе с помощью оцифрованных градуировочных графиков. Используя оцифрованные градуировочные графики, были выявлены аналитические зависимости между q_i и параметрами (гидрохимическими показателями) (табл. 2).

3. Рассчитываются значения CJ путем подстановки W и q в уравнение (1).

В литературных источниках можно найти обширный материал по разработанным системам классификации пресноводных водоемов, имеющим разную степень «законодательной» силы и использующим различные комплексы гидрохимических и гидробиологических показателей. Существующий подход к квантованию и выделению граничных значений числовых признаков, используемых для группировки водных объектов по классам качества, чаще всего достаточно произволен и основывается на опыте исследователя. Традиционно выбирается некоторая шкала с числом градаций в пределах «магических» чисел от 3 до 7, например: «Очень чисто» – «Чисто» – «Не очень чисто» – «Не очень грязно» – «Грязно» – «Очень грязно» – «Катастрофически грязно». В дальнейшем, с использованием интуиции и квалификации разработчика, литературных данных, полученных «в начале прошлого века на одной английской реке», или общих соображений здравого смысла, каждой градации назначается конкретный диапазон

**Аналитические зависимости между подиндексами
и гидрохимическими показателями**

Параметр	Интервал варьи- рования	Формула
% насыщения O_2	72–100	$q = 1,14 \cdot [\%O_2] - 12,06$
БПК ₅	0,7–2,8	$q = -8,61 \cdot [\text{БПК}_5] + 106,06$
Температура воды	14–20	$t < 14 \quad q = 100$
NH_4^+	0–0,9	$q = -62,41 \cdot [NH_4^+] + 96,69$
NO_3^-	0–32	$q = -2,51 \cdot [NO_3^-] + 94,37$
PO_4^{3-}	0,6–2,4	$q = -8,18 \cdot [PO_4^{3-}] + 101,4$
pH	6,1–8,2	$q = -25,32 \cdot (pH)^2 + 365,5 \cdot pH - 1219,6$
Электрическая проводимость, λ	175–425	$q = -0,1351 \cdot \lambda + 125,1$

значений из некоторого списка потенциально пригодных для этого показателей [7, с. 117].

В дополнение к изложенному была разработана классификационная система оценки загрязненности трансграничных водных объектов на основе модели «разломанного стержня» [2, с. 72–74]. При этом было принято во внимание, что величина CJ варьирует от 0 до 100 ($0 \leq CJ \leq 100$). Количество классов качества вод было принято равным пяти ($n = 5$) (табл. 3).

Таблица 3

**Классификация качества
поверхностных вод**

Характеристика состояния загрязненности воды	Значение CJ	Класс качества вод
Условно чистая	98–100	1
Слабо загрязненная	88–97	2
Загрязненная	73–87	3
Грязная	46–72	4
Экстремально грязная	0–45	5

обсуждение

Для оценки динамики качества воды трансграничной реки Нарва были использованы первичные данные гидрохимического мониторинга, проведенного Министерством окружающей среды Эстонии в период с 2006 г. по 2015 г. (табл. 4). При расчетах были использованы среднегодовые значения параметров (средние значения из 12 определений).

Как следует из данных, приведенных в табл. 4, качество воды реки Нарва (створ Нарва) характеризуется как «слабо загрязненная» (второй класс качества). За рассмотренный период химический индекс CJ варьировал от минимального значения в 2007 г. ($CJ = 90,5$) до максимального значения в 2009 г. ($CJ = 92,5$).

Таблица 4

Динамика качества воды реки Нарва

Год	CJ	Качество воды	Класс качества
2006	92,1	Слабо загрязненная	2
2007	90,5	Слабо загрязненная	2
2008	90,8	Слабо загрязненная	2
2009	92,5	Слабо загрязненная	2
2010	92,0	Слабо загрязненная	2
2011	91,0	Слабо загрязненная	2
2012	90,8	Слабо загрязненная	2
2013	91,9	Слабо загрязненная	2
2014	92,1	Слабо загрязненная	2
2015	92,1	Слабо загрязненная	2

Список литературы:

- [1] Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества. – СПб.: Гидрометеоздат, 1993. – 48 с.
- [2] Мостеллер Ф. Пятьдесят занимательных вероятностных задач с решениями. – М.: Наука, 1971. – 104 с.
- [3] Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 4. Прибалтийский район. Выпуск 1. Эстония / Под ред. М.С. Протасьева и Т.Ф. Эйпре. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 552 с.
- [4] Рысбеков Ю.Х. Трансграничное сотрудничество на международных реках: проблемы, опыт, уроки, прогнозы экспертов / Под ред. В.А. Духовного. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2009. – 204 с.
- [5] Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 329 с.
- [6] Фруммин Г.Т., Тимофеева Л.А. Трансграничные водные объекты и водосборы России: проблемы и пути решения // Биосфера. Т. 6. – 2014, № 1. – С. 174–189.
- [7] Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.