

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 502.51(476)

DOI 10.52928/2070-1683-2022-32-14-82-88

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА
В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ БЕЛАРУСИ*д-р геогр. наук, проф. А.А. ВОЛЧЕК, М.А. ТАРАТЕНКОВА
(Брестский государственный технический университет)*

В статье дана оценка содержания растворенного кислорода в поверхностных водах Республики Беларусь на основе данных наблюдений за период с 1994 по 2019 гг. С использованием методов статистического моделирования определен закон распределения обеспеченности растворенного кислорода; представлена карта-схема пространственного распределения растворенного кислорода в поверхностных водах Беларуси. Количественная оценка растворенного кислорода охарактеризована градиентом изменения, распределение которого представлено на карте-схеме, и определено для каждого наблюдаемого створа.

Ключевые слова: *растворенный кислород, поверхностные воды, статистическое моделирование, значимость.*

Введение. Гидрохимический режим водотоков и водоемов – это сложный комплекс химических, физических и биологических процессов, которые протекают в определенных климатических, гидрологических, геологических условиях, а также под воздействием техногенного фактора. Последнее условие в настоящее время приобретает все большую значимость в процессе формирования качества поверхностных вод.

Содержание достаточного количества растворенного кислорода является одним из основных условий при оценке качества экологического состояния водотоков и водоемов. Снижение концентрации данного показателя до 1,5 мг/дм³ вызывает массовую гибель рыб и гидробионтов [1]. Это подтверждают и наши исследования, которые рассматривали дефицит растворенного кислорода в р. Лесная в конце летнего периода наблюдений, в который фиксировался массовый замор рыбы [2].

Для оценки качества воды водотоков и водоемов используется растворенный кислород, который является интегрированным показателем экологической системы, в настоящее время оценивается с помощью предельно-допустимой концентрации (ПДК) и составляет в подледный период не менее 6 мгО₂/дм³ для поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, и не менее 4 мгО₂/дм³ для иных поверхностных водных объектов, в открытый период – не менее 8 и 6 мгО₂/дм³ соответственно¹.

Работы по исследованию содержания кислорода в водных объектах известны с конца XIX в. [3]. Механизмы взаимодействия кислорода между атмосферой и водой начали изучать в начале XX в. [4]. В статье С.И. Кузнецова и Г.С. Карзинкина разработаны методы количественной оценки потребления кислорода при разложении органических веществ в водной среде [5]. В это время появляется первая модель динамики содержания растворенного кислорода, которая является актуальной и по сей день [6]. Несколько позже появляются исследования по потреблению кислорода донными отложениями [7].

Во второй половине XX в. благодаря появлению полиграфических датчиков стал возможен сбор массового материала, что позволило получить пространственно-временную структуру растворенного кислорода. При этом активно изучается кислородный режим уже существующих и создающихся водохранилищ Верхней Волги, Москворецкой системы, Иваньковское и определяющих его факторов². В конце 70-х гг. прошлого столетия начинают появляться первые концептуальные гидроэкологические модели, в которых присутствует переменная «растворенный кислород», в разработку которых значительный вклад внесли В.В. Меншуткин, А.В. Леонов.

Хотя кислород является одним из основных газов в составе поверхностных вод, его присутствие в воде обеспечивает жизнедеятельность большинства организмов, устойчивое функционирование естественных водных экологических систем, интенсивность химических и биологических реакций, а также способность водоемов и водотоков к самоочищению, проблема оценки растворенного кислорода далека от решения в части пространственного распространения по территории Беларуси.

Целью данной работы является оценка пространственно-временной структуры содержания растворенного кислорода в поверхностных водах Беларуси и его прогнозные тенденции в зависимости от преобладающих сценариев развития климата в будущем.

¹ Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс]: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 26 мая 2017 г., № 16 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь. – Минск, 2017.

² Ерина, О.Н. Режим растворенного кислорода в стратифицированных водохранилищах Москворецкой системы водоснабжения г. Москвы : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.27 / О.Н. Ерина. – М., 2015. – 188 с.

Основная часть. Обогащение поверхностных вод кислородом происходит за счет кислорода, находящегося в атмосфере. Возможен также и процесс поглощения кислорода атмосферой. Данный процесс происходит при определенной температуре и давлении до установления равновесия с парциальным давлением в атмосфере. Уравнение, описывающее процесс насыщения воды кислородом, имеет вид [8]:

$$\frac{dc}{dt} = k_2(C_s - C), \quad (1)$$

где C – наблюдаемая концентрация, мг/дм³;
 C_s – концентрация насыщения, мг/дм³;
 k_2 – коэффициент аэрации.

Также выделение кислорода происходит в ходе реакции фотосинтеза. Интенсивность фотосинтеза зависит от количества солнечного света, питательных веществ и температуры. На оба этих процесса влияют и гидрологические условия, что приводит к сезонной изменчивости содержания растворенного кислорода в поверхностных водах.

Непрерывное потребление растворенного кислорода происходит вследствие таких процессов, как дыхание микроорганизмов, разложение органических остатков и др. Так, например, поглощение кислорода дафниями (*Daphnia longispina*) на 1000 особей за 24 часа при температуре в 25°C составляет 6,57 мг O₂. С увеличением температуры происходит ускорение процессов гниения и брожения, что приводит к увеличению скорости поглощения кислорода в воде [8].

Колебание растворенного кислорода наблюдается и в течение суток. Амплитуда изменения концентрации кислорода в воде будет зависеть от интенсивности соотношения процессов, происходящих в воде. Так, его минимальная концентрация будет наблюдаться ранним утром, а максимальное – после полудня [8].

Особая роль в формировании кислородного режима отводится донным отложениям. В водотоках и водоемах постоянно происходит обмен растворенными и взвешенными веществами между водой и донными отложениями. Также кислород расходуется на химические и биологические процессы, происходящие на дне. Количество потребляемого кислорода будет зависеть от состава донных отложений, микроорганизмов, населяющих придонный слой, скорости течения придонного слоя, температуры воды, прозрачности водной толщи, глубины водотоков и водоемов и др.

Формирование кислородного режима для водоемов и водотоков будет различным, так как при формировании кислородного режима в водоемах ключевую роль играют гидрохимические, гидробиологические и гидрофизические показатели, а при том же процессе на водотоках – гидрологические.

Помимо естественных условий формирования кислородного режима все большую роль играет антропогенное воздействие. Основное влияние отводится сбросу в водотоки недостаточно очищенных сточных вод. Избыточное количество органических и химических веществ, попадающее в поверхностные воды, оказывает большую нагрузку на экосистему, а также снижает способность водоемов и водотоков к самоочищению.

Сточные воды являются основным источником потребления кислорода в речных водах, т.к. они разнообразны по своему качеству и количеству. Поэтому качество очистки сточных вод перед выпуском их в водоток является основным критерием благополучия речной экосистемы. Требуемая степень очистки рассчитывается исходя из местных условий водотока, в который планируется их дальнейший сброс.

В качестве исходного материала использованы статистические данные Государственного водного кадастра Республики Беларусь за период с 1994 по 2019 гг. по содержанию растворенного кислорода в воде по 43 створам (37 водотоков и 6 водоемов) и объемы сброса загрязняющих веществ по БПК₅ по бассейнам рек за период с 2000 по 2019 гг.³

Для оценки динамики содержания растворенного кислорода в поверхностных водах в основном использовались математические модели в виде линейных трендов, которые описывались уравнениями регрессии следующего вида:

$$y = ax + b. \quad (2)$$

Количественная оценка тенденции колебаний растворенного кислорода оценивалась градиентом, который численно равен коэффициенту регрессии (а), умноженному на 10 лет, т.е. $\alpha = a \cdot 10$ лет. Значимость коэффициента корреляции устанавливалась на 5%-ом уровне ($r_{кр} = 0,40$) [9].

Эмпирическая обеспеченность определялась по формуле:

$$p = \frac{m}{(n+1)} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где m – порядковый номер x в ранжированном ряду;
 n – длина ряда.

По показателю растворенный кислород построены эмпирические кривые обеспеченности, по которым подобран закон распределения обеспеченности. Соответствие эмпирического закона распределения обеспеченности

³ Государственный водный кадастр. Информационная система. URL: <http://178.172.161.32:8081/watstat/databasin/8d477e38-f153-40dc-8835-781a429385fe/>.

осуществлялось для логнормального распределения по критерию согласия χ^2 . Общий вид уравнения распределения плотности вероятности растворенного кислорода имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{1}{\sigma_z x} f(u) = \frac{1}{\sigma_z x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right), & x > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Показатель растворенного кислорода является мерой потенциала большей части для окисления органических веществ. При рассмотрении пространственного распределения (рисунок 1) органических загрязнений по показателю БПК₅ наблюдается тенденция к увеличению сброса органических веществ, что будет сказываться и на кислородном режиме. Однако не только органические вещества являются потребителями кислорода в водотоках. Сброс химических веществ неорганического происхождения также ведет за собой процесс потребления кислорода. В последнее время (см. рисунок 1) распределение нагрузки по показателю БПК₅ по бассейнам рек носит разнонаправленный характер. В 2019 г. по сравнению с предыдущим годом произошло увеличение нагрузки на бассейн всех рек за исключением р. Неман. При этом, если увеличение удельного сброса органических веществ по показателю БПК₅ для бассейнов рек Западная Двина, Днепр и Западный Буг носят незначительный характер (сброс увеличился на 0,004; 0,001 и 0,001 единицы соответственно), то для бассейна реки Припять удельный сброс увеличился в 1,66 раз.

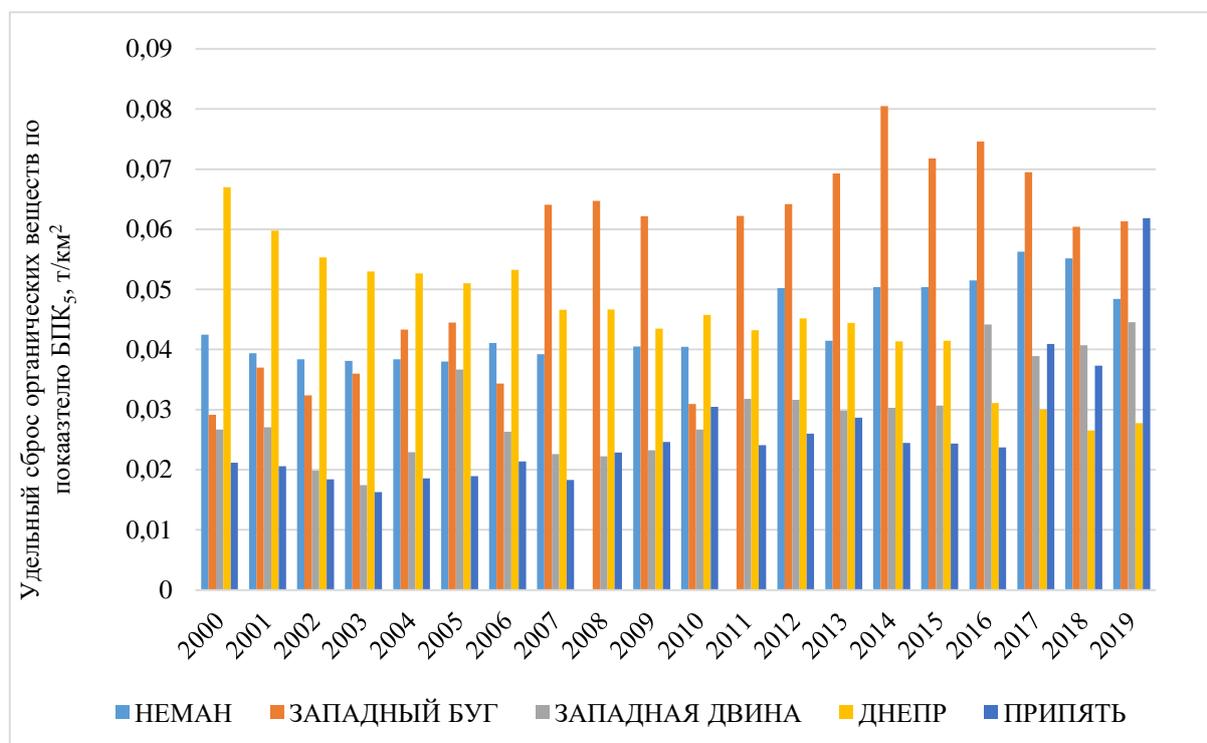


Рисунок 1. – Динамика сбросов загрязняющих веществ по показателю БПК₅

Пространственная картина среднего содержания растворенного кислорода в поверхностных водах Беларуси за период наблюдений с 1994 по 2019 гг. представлена на рисунке 2. В настоящее время среднегодовое содержание растворенного кислорода во всех наблюдаемых створах выше ПДК, что свидетельствует о благоприятной обстановке на реках республики. При рассмотрении пространственного распределения растворенного кислорода (см. рисунок 2) имеет место интенсивная нагрузка по органическим веществам на бассейны рек Западный Буг, Припяти и Днепра (в частности Березины).

По данным водного кадастра за 2019 г., высокую антропогенную нагрузку, связанную с поступлением сточных вод, имеют следующие створы: р. Свислочь (г. Минск – н.п. Королищевичи, н.п. Подлосье); р. Днепр (вблизи г. Могилева); р. Уза (ниже г. Гомель); р. Неман (ниже г. Гродно); р. Плисса (вблизи г. Жодино); р. Западный Буг (ниже г. Бреста); р. Уша (ниже г. Молодечно); р. Припять (вблизи г. Мозырь); р. Березина (ниже г. Светлогорска); р. Ясельда (ниже г. Березы); р. Мухавец (вблизи г. Кобрин); р. Морочь (вблизи н.п. Яськовичи). Приоритетными загрязняющими веществами и показателями в составе сбрасываемых сточных вод (имеющими наибольшие значения кратности превышения среднегодовых концентраций по отношению к ПДК для поверхностных водных объектов) для большинства бассейнов рек являются аммоний-ион, фосфат-ион, нитрит-ион, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), железо общее. Эти данные подтверждаются и картой-схемой представлений на рисунке 2.

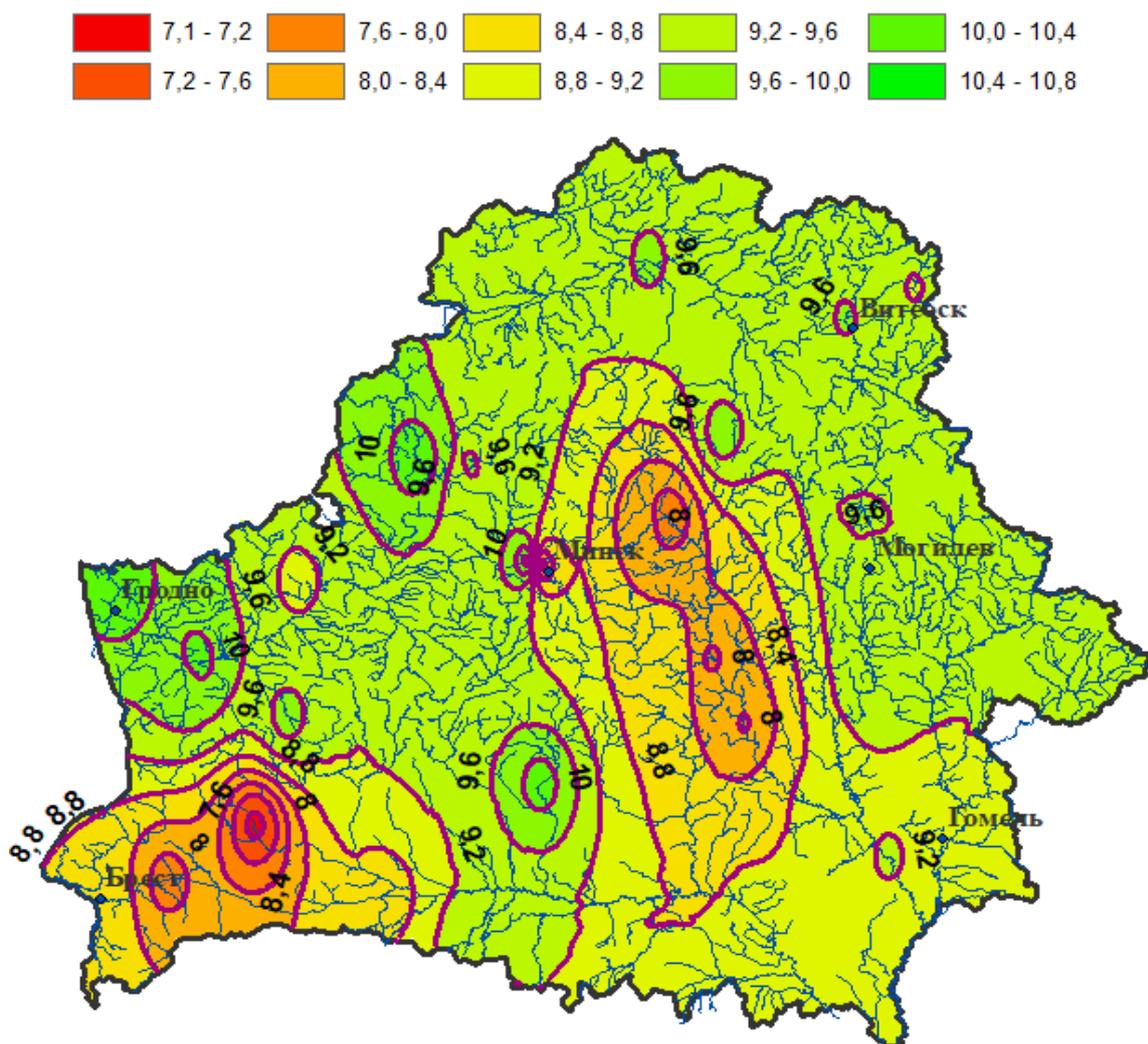


Рисунок 2. – Пространственная структура средних значений растворенного кислорода в водотоках и водоемах Беларуси, в $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$

Тенденция снижения содержания растворенного кислорода имеет место почти во всех наблюдаемых створах, за исключением р. Мухавец в створах ниже г. Кобрин и г. Брест, р. Свислочь ниже г. Минска и оз. Нарочь в черте п. Нарочь, однако на этих участках коэффициенты корреляции являются не значимыми, поэтому о положительной динамике растворенного кислорода однозначно судить нельзя. Что касается остальных створов наблюдения, то из 39 створов с отрицательной тенденцией содержания растворенного кислорода на 19 створах коэффициенты корреляции являются значимыми (таблица 1). Также в таблице 1 с помощью подобранного закона распределения, представленного в виде уравнения (4), были рассчитаны обеспеченные величины 5% и 95% содержания растворенного кислорода по створам.

Таблица 1. – Основные статистические показатели содержания растворенного кислорода в поверхностных водах Беларуси за период с 1994 по 2019 гг.

Река-створ	Среднее значение, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$	Обеспеченные величины		Коэффициенты			
		5%	95%	вариации	асимметрии	регрессии	корреляции
1	2	3	4	5	6	7	8
р. Западная Двина 0,5 км выше пгт. Сураж	9,18	11,10	8,33	0,06	0,69	-0,010	-0,14
р. Западная Двина ниже г. Витебска	9,66	10,53	8,66	0,06	0,04	-0,052	-0,68
р. Западная Двина ниже г. Полоцка	9,53	10,69	8,32	0,07	-1,07	-0,053	-0,53

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
р. Западная Двина 15,5 км ниже г. Новополоцк	9,49	10,07	8,87	0,08	-1,20	-0,080	-0,69
р. Западная Двина ниже г. Верхнедвинска	9,17	9,61	8,72	0,07	-0,80	-0,029	-0,3
р. Полота в черте г. Полоцк	9,46	9,93	8,70	0,09	-0,93	-0,059	-0,51
р. Неман ниже г. Столбцы	9,52	9,87	8,80	0,07	0,08	-0,027	-0,29
р. Неман ниже г. Мосты	10,25	10,50	9,76	0,05	-0,15	-0,040	-0,58
р. Неман ниже г. Гродно	10,21	10,61	9,40	0,08	1,87	-0,085	-0,74
р. Лидея ниже г. Лида	9,15	9,72	8,56	0,09	0,45	-0,011	-0,10
р. Щара ниже г. Слоним	9,75	10,11	9,38	0,05	0,11	-0,039	-0,53
р. Россь ниже г. Волковыск	9,78	10,21	9,32	0,06	0,35	-0,055	-0,63
р. Виляя ниже г. Вилейка	9,82	10,52	9,08	0,10	0,27	-0,092	-0,63
р. Виляя на СВ от г. Сморгонь	10,41	11,03	9,75	0,09	0,55	-0,058	-0,45
р. Уша ниже г. Молодечно	9,36	10,14	8,50	0,12	0,58	-0,112	-0,68
р. Мухавец ниже г. Кобрин	7,94	8,59	7,24	0,10	0,89	0,029	0,08
р. Мухавец в черте г. Брест	8,70	9,11	8,27	0,06	-1,01	0,018	0,22
р. Днепр ниже г. Орша	9,42	10,06	8,75	0,10	1,51	-0,052	-0,38
р. Днепр ниже г. Шклов	9,60	10,16	9,02	0,09	0,70	-0,043	-0,37
р. Днепр ниже г. Могилев	9,42	9,89	8,93	0,07	0,95	-0,041	-0,42
р. Днепр ниже г. Быхов	9,55	10,13	8,95	0,09	0,96	-0,060	-0,49
р. Днепр ниже г. Речица	9,25	9,86	8,60	0,10	0,49	-0,014	-0,11
р. Днепр ниже г.п. Лоев	8,87	9,61	8,13	0,12	0,62	-0,075	-0,51
р. Березина ниже г. Борисов	7,70	8,31	7,06	0,10	-1,03	-0,007	-0,07
р. Березина ниже г. Бобруйск	8,07	8,75	7,34	0,10	-0,02	-0,033	-0,29
р. Березина ниже г. Светлогорск	8,88	9,58	8,14	0,11	-0,45	-0,073	-0,53
р. Плисса ниже г. Жодино	8,01	8,65	7,33	0,10	-0,73	-0,131	-0,48
р. Свислочь ниже г. Минск	7,84	8,35	7,30	0,08	-0,60	0,012	0,13
р. Свислочь в черте с. Свислочь	8,06	8,79	7,29	0,11	0,61	-0,031	-0,27
р. Сож ниже г. Кричева	9,47	9,99	8,97	0,08	0,03	-0,029	-0,27
р. Сож ниже г. Гомель	8,94	9,47	8,38	0,08	0,38	-0,028	-0,25
р. Ипуть ниже г. Добруш	9,13	9,72	8,52	0,09	0,29	-0,042	-0,34
р. Припять ниже г. Пинска	8,63	9,18	8,20	0,07	0,09	0,044	0,49
р. Припять ниже г. Мозыря	8,91	9,57	8,21	0,10	-0,63	-0,004	-0,03
р. Ясельда ниже г. Береза	7,05	7,58	6,49	0,09	-0,08	-0,031	-0,33
р. Горынь ниже г. Речица	9,34	9,97	8,67	0,09	-0,58	0,082	0,62
оз. Лукомльское от г. Новолукомль	9,81	-	-	0,07	-0,47	-0,060	-0,58
оз. Нарочь в черте п. Нарочь	9,50	-	-	0,09	-0,30	0,019	0,15
вдхр. Вилейское в черте г. Вилейка	9,08	-	-	0,07	-0,23	-0,022	-0,23
вдхр. Заславское, ГЭС Гонолес	10,56	-	-	0,14	-0,15	-0,013	-0,05
вдхр. Осиповичское на СЗ от г. Осиповичи	8,70	-	-	0,25	3,12	-0,055	-0,32
вдхр. Солигорское на ЮЗ от г. Солигорск	10,14	-	-	0,23	2,05	-0,050	-0,23
Среднее значение	9,17	-	-	0,09	0,17	-0,036	-0,29

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

В большинстве случаев коэффициент вариации не превышает 10% (исключение составляют три створа), что говорит о незначительной степени рассеивания данных и об их однородности. Коэффициент асимметрии показывает скос распределения данных, а знак – его направление. Исходя из данных таблицы 1 можно сделать вывод о том, что на 25 створах наблюдения распределение имеет скос вправо, на 18 – влево. Что же касается градации по значениям этих коэффициентов, то незначительная асимметрия наблюдается на 9 створах, умеренная асимметрия – также на 9 створах, существенная – на 25. При этом значение и знак коэффициента асимметрии для одной и той же реки могут быть различны на разных створах. Так, например, для реки Западная Двина по знаку коэффициента асимметрии можно сделать вывод, что на створах 0,5 км выше г.п. Сураж и ниже г. Витебска распределение скошено вправо, а на створах 15,5 км ниже г. Новополоцка, ниже г. Полоцка, ниже г. Верхнедвинска – влево. Что касается градации, то на створе ниже г. Витебска асимметрия распределения растворенного кислорода является незначительной, в то время как для всех остальных створов на реке Западная Двина – существенная.

Пространственная структура распределения градиентов среднегодовых концентраций растворенного кислорода в поверхностных водах Беларуси представлена на рисунке 3. Направление градиента свидетельствует о тенденции к снижению или увеличению содержания растворенного кислорода в поверхностных водах. Как видно из рисунка 3, наиболее интенсивное снижение содержания растворенного кислорода наблюдается в центральной части республики по бассейнам рек Неман и Днепр. На бассейне реки Западный Буг наблюдается тенденция роста содержания растворенного кислорода.

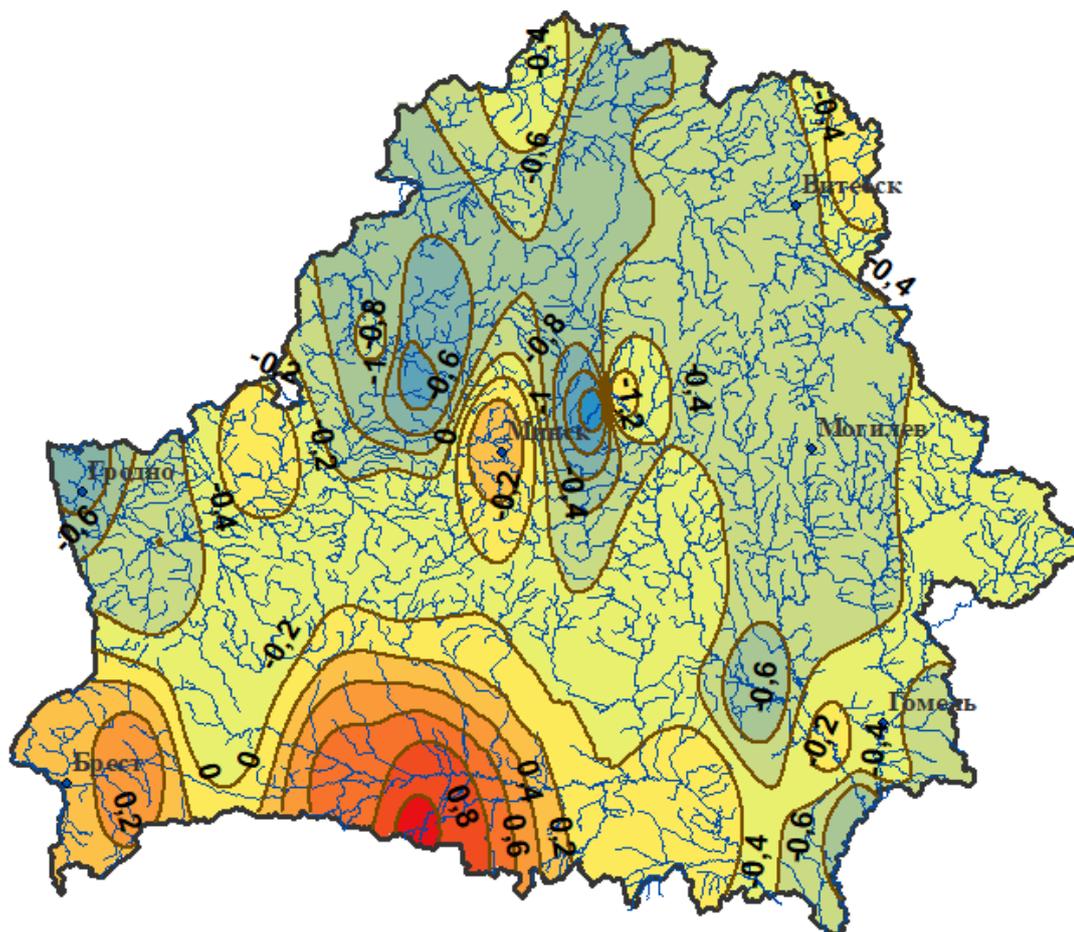
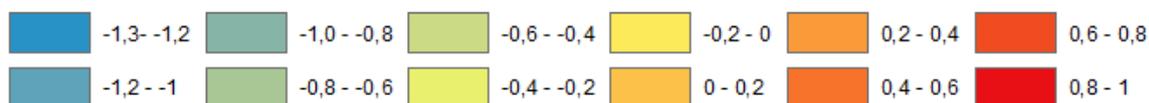


Рисунок 3. – Пространственная структура градиентов среднегодовых концентраций растворенного кислорода в поверхностных водах Беларуси

Заключение. В настоящее время среднегодовое содержание растворенного кислорода в поверхностных водах Беларуси составляет $9,17 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ и находится выше ПДК, который составляет в подледный период не менее $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ для поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, и не менее $4 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ для иных поверхностных водных объектов, в открытый период – не менее 8 и $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ соответственно, что свидетельствует о благоприятной экологической обстановке на реках и водоемах Беларуси. Однако тенденция к увеличению сброса органических веществ в водотоки может изменить картину уже в ближайшем будущем. Основываясь на полученной карте-схеме пространственного распределения растворенного кислорода по территории Беларуси, следует, что бассейны рек Западный Буг, Припять и Днепр (в частности Березины) уже испытывают предельную нагрузку по органическим веществам. Это подтверждается и статистической значимостью полученных моделей: в большинстве исследуемых створов намечалась тенденция к снижению показателя растворенный кислород. Поэтому уже сейчас необходимо разработать мероприятия по снижению нагрузки на реки по органическим веществам, чтобы исключить снижение содержания растворенного кислорода и тем самым не допустить экологических рисков. В результате исследований впервые был выявлен тот факт, что распределение растворенного кислорода подчиняется логнормальному закону распределения. Это позволило определить этот параметр с обеспеченностью 5% и 95%, что может быть использовано в дальнейшем для обоснования водохозяйственных расчетов при проектировании сооружений водоснабжения и водоотведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вазова, А.С. Сезонные изменения концентраций биогенных веществ и содержания растворенного кислорода в реках Южного Приморья / А.С. Вазова // Изв. ТИНРО. – 2017. – Т. 191. – С. 210–222.
2. Волчек, А.А. Гидрохимический режим реки Лесная как индикатор состояния юго-западной части Беловежской пуши / А.А. Волчек, М.А. Таратенкова // Беловежская пуца. Исследования : сб. науч. ст. / редкол.: А.В. Бурый [и др.]. – Брест, 2018. – С. 195–209.

3. Winkler, L.W. Die Bestimmung des in Wasser Gelösten Sauerstoffes / L.W. Winkler // Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellschaft. – 1888. – № 21 (2). – S. 2843–2855.
4. Adeney, W.E. The determination of the rate of solution of atmospheric nitrogen and oxygen by water / W.E. Adeney, H.G. Becker // Phil. Mag. – 1919. – Vol. 38, № 228. – P. 317–337.
5. Карзинкин, Г.С. Новые методы в лимнологии / Г.С. Карзинкин, С.И. Кузнецов // Тр. лимнологической станции в Косине. – 1932. – Вып. 13–14. – С. 47–67.
6. Rossolimo, L.L. Die Boden Gasausscheidung und das Sauerstoffregime der Seen / L.L. Rossolimo // Verh. int. Verein. Limnol. – 1935. – № 7. – S. 539–561.
7. Хатчинсон, Д. Лимнология / Д. Хатчинсон. – М. : Прогресс, 1969. – 592 с.
8. Никоноров, А.М. Гидрохимия / А.М. Никоноров. – СПб. : Гидрометеоздат, 2001. – 453 с.
9. Волчек, А.А. Трансформация качества поверхностных вод рек Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Вестн. БрГТУ, Водохозяйств. стр-во и теплоэнергетика. – 2006. – № 2. – С. 5–15.

REFERENCES

1. Vazhova, A.S. (2017). Sezonnnye izmeneniya kontsentratsii biogennykh veshchestv i sodержaniya rastvorennogo kisloroda v rekakh Yuzhnogo Primor'ya. *Izvestiya TINRO*, 191, 210–222. (In Russ.).
2. Volchek, A.A. & Taratenkova, M.A. (2018). Gidrokhimicheskii rezhim reki Lesnaya kak indikator sostoyaniya yugo-zapadnoi chasti Belovezhskoi pushchi. In A.V. Buryy (Eds.), V.M. Arnol'bik (Eds.), N.D. Cherkas (Eds.) & A.N. Bunevich (Eds.) *Belovezhskaya pushcha. Issledovaniya: sb. nauch. st.* (195–209). Brest: Al'ternativa. (In Russ.).
3. Winkler, L.W. (1888). Die Bestimmung des in Wasser Gelösten Sauerstoffes. *Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellschaft*, 21 (2), 2843–2855. (In German).
4. Adeney, W.E. & Becker, H.G. (1919). The determination of the rate of solution of atmospheric nitrogen and oxygen by water. *Phil. Mag*, 38 (228), 317–337.
5. Karzinkin, G.S. & Kuznecov, S.I. (1932). Novye metody v limnologii. *Tr. limnologicheskoi stantsii v Kosine*, (13–14), 47–67. (In Russ.).
6. Rossolimo, L.L. (1935). Die Boden Gasausscheidung und das Sauerstoffregime der Seen. *Verh. int. Verein. Limnol.*, (7), 539–561. (In German).
7. Khatchinson, D. (1969). *Limnologiya*. Moscow: Progress. (In Russ.).
8. Nikonorov, A.M. (2001). *Gidrokimiya*. St. Petersburg: Gidrometeoizdat. (In Russ.).
9. Volchek, A.A. & Volchek, An.A. (2006). Transformatsiya kachestva poverkhnostnykh vod rek Belarusi [Transformation of the quality of surface waters of rivers in Belarus]. *Vestnik BrGTU, Vodokhozyaistv. str-vo i teploenergetika* [Bulletin of BrGTU, Water management and thermal power engineering], (2), 5–15. (In Russ., abstr. in Engl.).

Поступила 22.09.2022

EVALUATION OF THE CONTENT OF DISSOLVED OXYGEN IN THE SURFACE WATER OF BELARUS

A. VOLCHEK, M. TARATENKOVA
(Brest State Technical University)

The article gives an estimate of the content of dissolved oxygen in the surface waters of the Republic of Belarus based on observational data for the period from 1994 to 2019. Using the methods of statistical modeling, the law of distribution of the provision of dissolved oxygen is determined; a schematic map of the spatial distribution of dissolved oxygen in the surface waters of Belarus is presented. The quantitative assessment of dissolved oxygen is characterized by a gradient of change, the distribution of which is presented on a map-scheme, and is determined for each observed site.

Keywords: dissolved oxygen, surface waters, statistical modeling, significance.