

УДК 550.4:547+504.5:547(282.247.2)

В.В. Карабын

канд. геол. наук, доц., зав. каф. экологической безопасности
Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности
e-mail: [vasyl.karabyn@gmail.com](mailto:vasyi.karabyn@gmail.com)

ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ

Проанализирована вариативность показателей органического загрязнения вод (биохимическое потребление кислорода, химическое потребление кислорода и концентрация растворенного кислорода) в двух пунктах государственного мониторинга верхней части реки Западный Буг: г. Каменка-Бугская и п. Добротвор. 98,1 % проб воды содержат кислород в концентрациях ниже ПДК, более 92 % проб превышают ПДК биохимического потребления кислорода и 63 % – ПДК химического потребления кислорода. Установлены эмпирические зависимости изменения показателя БПК от содержания растворенного кислорода и БПК₅ от ХПК. Статистически достоверные связи между ХПК и температурой воды, БПК₅ и температурой воды, а также между ХПК и количеством растворенного кислорода отсутствуют. На экологическое состояние поверхностных вод бассейна р. Зап. Буг наиболее негативно влияют сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, нарушение природоохранных режимов в прибрежных полосах, водоохранных зонах и зонах наводнения.

Введение

Концентрация органических веществ в поверхностных водах является определяющим фактором кислородного режима водоема, поэтому существенно влияет на развитие живых организмов. Одними из показателей органического загрязнения водоемов являются концентрация растворенного кислорода, биологическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК). Содержание кислорода в большой степени определяет качество воды из-за интенсификации процессов самоочищения, физико-химической трансформации и гидробиологического круговорота веществ. Концентрация растворенного в воде кислорода является интегральной величиной, которая определяется соотношением разнонаправленных физико-химических, гидробиологических и гидродинамических процессов, происходящих в водной среде и на границе раздела фаз «вода – атмосфера». В то же время на содержание кислорода в воде влияет ряд антропогенных факторов, оценить которые можно косвенно, путем определения БПК и ХПК.

Особое значение для контроля экологического состояния поверхностных вод имеет изучение закономерностей изменения концентрации загрязняющих веществ в водоемах международного значения, в частности, в реке Западный Буг.

Объектом исследований является органическое загрязнение вод верхней части р. Зап. Буг. Река Зап. Буг – правый приток р. Висла – берет свое начало из источников Колтивской котловины в с. Верхобуж на высоте 320 м над уровнем моря. Общая длина реки – 815 км (в пределах Украины – 401 км). Площадь бассейна – 73,5 тыс. км². Густота речной сети в бассейне Зап. Буга составляет 0,3–0,5 км/км². Река относится к равнинному типу, питание ее смешанное: метеогенное и подземное. Ширина небольшая – 1–10 м, русло умеренно извилистое [1]. Под верхней частью р. Зап. Буг мы понимаем реку от ее истоков до впадения в нее р. Рата. В административном отношении верхняя часть Зап. Буга течет в основном через территорию Золочевского, Бугского, Каменко-Бугского районов Львовской области. В тектоническом аспекте территория исследований относится к Волыно-Подольской плите Восточноевропейской платформы [2]. Согласно физико-географическому районированию [3] верховье р. Зап. Буг относится к физико-географическому району (ландшафту) Восточноевропейской равнины. От г. Буск и ниже

р. Зап. Буг является границей между Восточно-Европейской и Западно-Европейской равнинами. Ландшафтные местности территории бассейна верхней части р. Зап. Буг относятся к Полесскому типу [3].

В верхней части р. Зап. Буг Западно-Бугским бассейновым управлением ведется государственный гидрохимический мониторинг в двух пунктах: в г. Каменка-Бугская и пос. Добротвор. В г. Каменка-Бугская река имеет ширину 4–6 м, в п. Добротвор на реке сооружено водохранилище шириной 0,75 км и длиной 13 км. Водоохранилище используется Добротворской ТЭЦ главным образом в системах охлаждения.

Предмет исследований – изменчивость показателей органического загрязнения вод: биохимического потребления кислорода, химического потребления кислорода и концентрации растворенного кислорода.

Цель работы заключалась в анализе изменчивости показателей органического загрязнения вод, установлении гидрохимических закономерностей и важнейших факторов экологической опасности вод верхней части р. Западный Буг по данным многолетнего мониторинга.

Материалом для написания статьи послужили данные государственного мониторинга и результаты собственных исследований.

Методы исследований

Отбор и химический анализ проб воды осуществлялся Львовской гидрогеолого-мелиоративной экспедицией по заказу Западно-Бугского бассейнового управления. Нами были использованы результаты анализов воды в течение 1994–2016 гг. Пробы воды отбирали и анализировали 4 раза в год. Определение содержания растворенного кислорода базируется на йодометрическом определении высших по степени окисления соединений марганца [4]. Показатель химического потребления кислорода (ХПК) установлен бихроматным методом, т.е. с использованием калия двуххромовокислого в кислой среде при кипячении. Методика измерения показателя ХПК регламентируется КНД 211.1.4.021-95 [5]. Значение показателя биохимического потребления кислорода (БПК) соответствует количеству кислорода, которое используется в определенный отрезок времени (в нашем случае 5 дней) на аэробное биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в исследуемой пробе воды. Биохимическое потребление кислорода определяют по разнице между содержанием кислорода до и после инкубации в течение 5 суток, при 20 °С без доступа воздуха и света [4]. Данные лабораторных исследований сравнивались с ПДК для вод санитарно-бытового назначения (таблица 1) и предельными значениями классов качества вод – источников централизованного питьевого водоснабжения по ДСТУ 4808: 2007 [6] (таблица 2).

Таблица 1. – Значение ПДК отдельных показателей органического загрязнения вод

Параметр	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Растворенный кислород, мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³
ГДК	3,0	4,0	15,0

Таблица 2. – Отдельные показатели классификации качества поверхностных вод – источников централизованного питьевого водоснабжения [6]

Параметр	Класс качества воды			
	1	2	3	4
ХПК (бихромат.), мгО ₂ /дм ³	< 9,0	9,0 – 30,0	31,0 – 40,0	> 40
БПК, мгО ₂ /дм ³	< 1,3	1,3 – 3,0	3,1 – 7,0	> 7,0
Растворенный кислород, мг/дм ³	> 8,0	8,0 – 7,1	7,0 – 5,0	< 5,0
Насыщенность кислородом, %	96–105	$\frac{95-81}{106-120}$	$\frac{80-60}{121-140}$	$\frac{<60}{>140}$

Для построения диаграмм использовали программу Microsoft Excel 10. Показатель R^2 , который характеризует достоверность аппроксимации (построения линии тренда), рассчитан по формуле

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2},$$

где y – фактическое значение, $\hat{y}$ – значение аппроксимирующей функции, $\bar{y}$ – среднее арифметическое. Показатель R^2 используется для оценки достоверности построенной линии тренда. Для этого необходимо сравнить фактическое значение F-критерия Фишера с его критическим значением. Фактическое значение критерия Фишера рассчитывается по формуле

$$F = \frac{R^2}{(1 - R^2)} \times \frac{n - k}{k - 1},$$

где n – размер выборки, k – число степеней свободы (в нашем случае количество параметров, которые используют для построения линии тренда, т.е. 2).

Исходя из количества проб 80, вероятности 0,95, числа степеней свободы 2, минимальное достоверное значение показателя R^2 будет равно 0,04. Т.е. если мы получим линию тренда с R^2 более 0,04, то такая линия регрессии (линия тренда) будет статистически достоверной. Связь между переменными мы также определяли с помощью корреляционного анализа в программе Statistica. Критическое значение коэффициента корреляции Пирсона r для выборки объемом 80 составляет 0,22 [7; 8].

Результаты исследований и их обсуждение

Экологическое состояние р. Зап. Буг и ее основных притоков характеризуется высокой степенью напряженности. Это обусловлено поступлением в водотоки недостаточно очищенных и неочищенных коммунальных, бытовых и промышленных сточных вод, поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий, насыщенного компонентами удобрений, отходами животноводства и земледелия и т.д. [9].

Характеристика макрокомпонентного состава воды. Интегральным показателем макрокомпонентного состава воды является минерализация. По данным Западно-Бугского бассейнового управления, минерализация воды в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская меняется от 384 мг/дм³ (первый квартал 2011 г.) до 826 мг/дм³ (первый квартал 1994 г.). Среднее арифметическое – 556,5, мода – 546. Максимальные показатели сухого остатка в водах зафиксированы в течение 2003 и 2010 гг., минимальные – в 2011 г. В водохранилище п. Добротвор минерализация колеблется от 384 мг/дм³ (первый квартал 2011 г.) до 810 мг/дм³ (четвертый квартал 2007 г.) при среднем арифметическом 521,8, моде 514, медиане 516,6. Макрокомпонентный состав вод изменяется от сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого (2001–2004, 2007 гг.) к гидрокарбонатному кальциевому (2006, 2008–2015 гг.). Т.е. в течение 2001–2016 гг. в водах верхней части р. Зап. Буг относительное количество сульфатов уменьшилось. В то же время в 2003 и 2006 гг. в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская зафиксирована вода сульфатно-гидрокарбонатного магниевно-кальциевого состава.

Кислородный режим. Поверхностные воды содержат значительное количество водорастворимых газов. Одним из важнейших для экосистемы газов является кислород. Количественное содержание кислорода в растворе определяется его парциальным давлением в воздухе и описывается законом Генри. При парциальном давлении 1 атм. содержание кислорода будет определяться величиной его растворимости, которая тесно связана с температурой воды. Эта концентрация называется нормальной и соответству-

ет 100 % насыщения. Основными источниками поступления кислорода в воду является атмосфера, а также фотосинтетическая деятельность фитопланктона. Обогащение воды кислородом также может происходить вследствие турбулентности потока, выпадения дождя и т.п. [10]. Отклонение действительной концентрации кислорода от равновесной вызывается:

1) физическими воздействиями, например, резким изменением барометрического давления, изменением температуры воды, аэрацией воды в плотинах и т. п.;

2) физико-химическими воздействиями, например, поглощением кислорода при электрохимической коррозии металлов и потреблением его на химическое окисление веществ, содержащихся в воде или соприкасающихся с ней;

3) биохимическими влияниями, которые в естественных условиях преобладают, как, например, потреблением кислорода при аэробном разложении органических веществ или, наоборот, выделением кислорода при поглощении CO_2 организмами [4].

Содержание кислорода в большой степени определяет качество воды благодаря интенсификации процессов самоочищения, физико-химической трансформации и гидробиологического круговорота веществ. Наличие кислорода в воде также определяет возможность поддержания онтогенеза гидробионтов. Для нормального развития рыб необходимо минимум 5 мг/дм^3 кислорода, а снижение его концентрации до 2 мг/дм^3 приводит к массовой гибели рыбы [11].

Экспериментальные работы, выполненные в нижней части р. Днепр, показали, что в условиях зарегулированного стока в целом за год преобладает инвазия кислорода из атмосферы, количественные характеристики которой превышают 100 г/м^2 в год [12]. Окисление веществ и дыхание водных организмов – основные факторы расходной части баланса кислорода в водных объектах. Наибольшее количество кислорода содержится в поверхностно-склоновых водах, а наименьшее – в грунтовых [13].

Дефицит растворенного кислорода возникает, если его поступление при аэрации меньше интенсивности потребления гидробионтами и окисления донных отложений и растворенного органического вещества. И.В. Гриб [14] для условий прудов выделяет следующие факторы снижения количества растворенного кислорода: 1) интенсивное развитие плавающей высшей водной растительности (ряски, спироделлы многокорневой); 2) полное перекрытие водного зеркала и нарушение газового режима (полный штиль); 3) фотосинтез в темное время суток при значительном зарастании водного зеркала (поглощение растворенного кислорода в темное время и выделения углекислого газа); 4) потребление растворенного кислорода для окисления растворенного органического вещества при поступлении загрязнений антропогенного характера и болотного стока.

Мы проанализировали данные Западно-Бугского бассейнового управления и выяснили, что концентрация растворенного кислорода в Каменка-Бугском пункте государственного мониторинга колеблется от 0,1 до $11,4 \text{ мг/дм}^3$ при среднем арифметическом $7,56 \text{ мг/дм}^3$, медиане 7,8, моде 6,4 и стандартном отклонении 2,1 (рисунок 1).

По сравнению с ПДК 98 % проб воды содержат кислород в концентрациях ниже минимального уровня. В пункте мониторинга г. Каменка-Бугская трижды зафиксировано катастрофически низкие концентрации растворенного кислорода – менее 2 мг/дм^3 , которые предположительно привели к гибели рыбы. Все три пробы с аномально низким содержанием кислорода отобраны во втором–четвертом кварталах 2011 г.: наименьшая концентрация кислорода ($0,12 \text{ мг/дм}^3$) зафиксирована во втором квартале, в третьем квартале содержание кислорода составляло $1,34 \text{ мг/дм}^3$, а в четвертом вновь снизилось до уровня $0,38 \text{ мг/дм}^3$. В первом квартале 2012 г. содержание кислорода составляло $8,64 \text{ мг/дм}^3$, что выше среднего значения. По данным [15], в 2011 г. в р. Зап. Буг и ее притоки попало $4,4 \text{ млн м}^3$ загрязненных сточных вод, что и привело к аномально низкому содержанию растворенного кислорода.

Содержание растворимого кислорода в водохранилище п. Добротвор меняется от 4,7 до 12,3 мг/дм³ при среднем арифметическом и медиане 8,5 мг/дм³, моде 8,0 мг/дм³ и стандартном отклонения 1,6. Все пробы воды содержат кислород в концентрациях ниже ПДК.

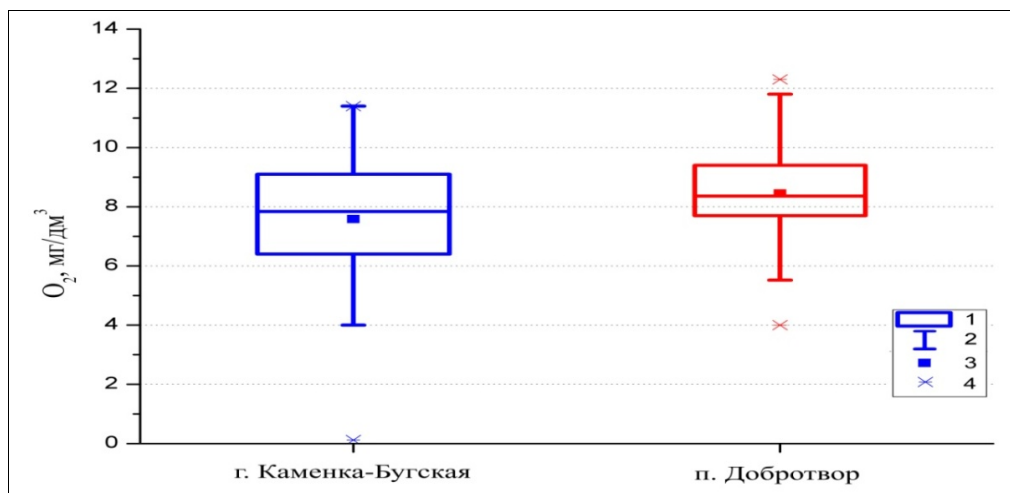


Рисунок 1. – Характеристика распределения концентраций растворенного кислорода (мг/дм³) по данным многолетнего мониторинга в воде р. Зап. Буг в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская (диаграмма слева) и п. Добротвор (диаграмма справа):

1 – медиана, 2– 25–75 %, 3 – min-max, 4 – выбросы

Нами предпринята попытка выявить связь между температурой воды и концентрацией кислорода в воде р. Зап. Буг в пунктах мониторинга г. Каменка-Бугская, п. Добротвор (рисунок 2). Эмпирические зависимости являются достоверными, поскольку значения R^2 выше минимального значимого.

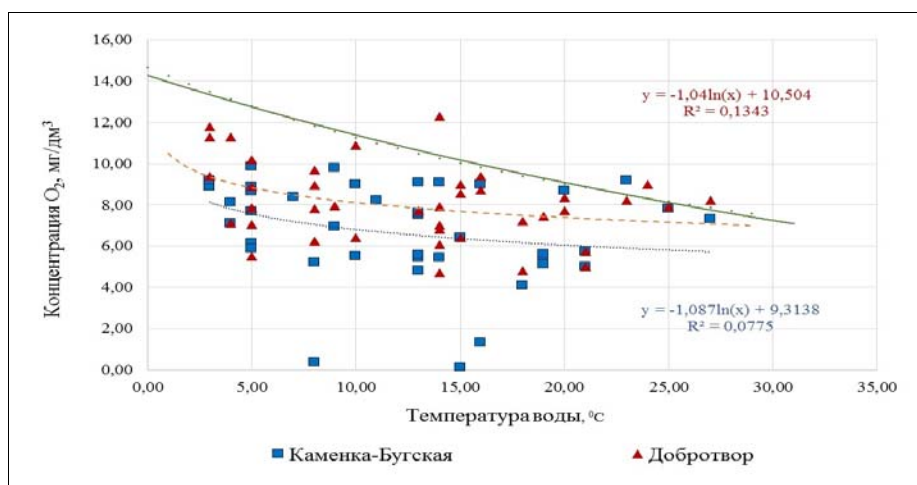


Рисунок 2. – Эмпирическая зависимость содержания растворенного кислорода в воде верхней части р. Зап. Буг от температуры

Большинство проб воды (95 %) содержат меньшее чем равновесная концентрация, количество растворенного кислорода. Только 4 пробы (4,7 %): 3 из водохранилища п. Добротвор и 1 из г. Каменка-Бугская – содержат растворенный кислород в перенасыщенном количестве. Поскольку концентрация растворенного кислорода существенно

зависит от температуры, то для нормализации концентрации кислорода по температуре целесообразно рассматривать процент насыщения воды в реке от теоретического содержания кислорода (таблица 3).

Таблица 3. – Насыщенность кислородом воды р. Зап. Буг, %

	г. Каменка-Бугская	п. Добротвор	Вместе
Минимум	1,2	44,1	1,2
Максимум	109,2	119,8	119,8
Среднее арифметическое	63,6	76,2	69,8
Медиана	64,6	76,5	69,4
Мода	72,4		71,0
Стандартное отклонение	22,7	18,0	21,4

Биохимическое потребление кислорода. Показатель БПК₅ широко используется не только в Украине, но и в странах ЕС [16]. Значение показателя БПК₅ в Каменко-Бугском пункте государственного мониторинга колеблется от 0,8 до 12,1 мгО₂/дм³ при среднем арифметическом 5,64 мгО₂/дм³, медиане 5,2, моде 6,7 и стандартном отклонения 2,2. В Добротворском водохранилище БСК меньше: минимум 1,8 мгО₂/дм³, максимум 10,1 мгО₂/дм³, среднее арифметическое 5,02 мгО₂/дм³, медиана 4,08, мода 4,1, стандартное отклонение 1,6 (рисунок 3).

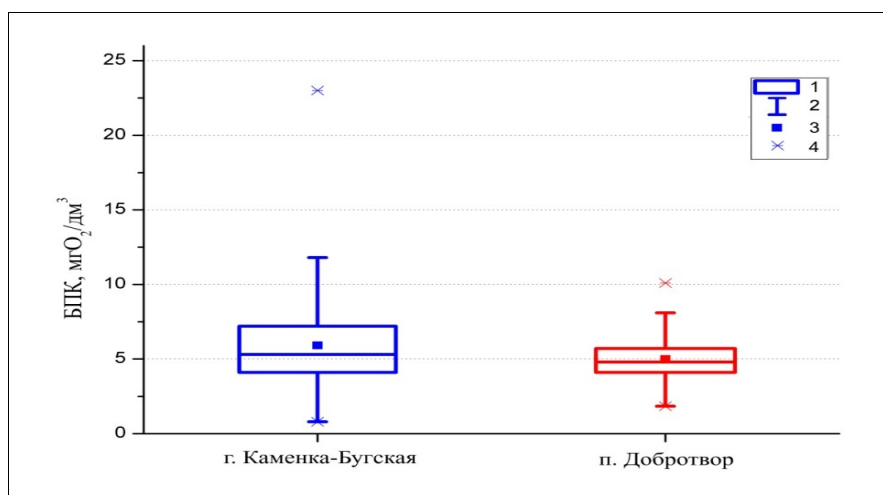


Рисунок 3. – Характеристика распределения показателя БПК₅ по данным многолетнего мониторинга р. Зап. Буг в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская (диаграмма слева) и п. Добротвор (диаграмма справа):
1 – медиана, 2 – 25–75 %, 3 – min-max, 4 – выбросы

Следует обратить внимание на то, что более 92 % проб в обоих пунктах наблюдения превышают ПДК биохимического потребления кислорода. Согласно классификации качества вод – источников централизованного питьевого водоснабжения только 1 проба воды (1,3 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская соответствуют 1 классу качества. Ни одна проба воды из водохранилища п. Добротвор не соответствует 1 классу качества вод по БПК₅. Ко второму классу качества вод принадлежат 5 проб (6 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская и 6 проб (7 %) из водохранилища п. Добротвор. Третий класс качества вод – 54 пробы (68 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская и 61 проба (74 %) с п. Добротвор; четвертый класс – 1 проба (1,3 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская и 7 проб (8,3 %) из п. Добротвор.

В природных незагрязненных водах можно было бы ожидать увеличения БПК₅ с увеличением температуры воды, поскольку в теплое время года должно расти количество микроорганизмов в поверхностных водах. Однако нам не удалось установить надежной связи между температурой воды и показателем БПК. Из этого можно сделать вывод о доминировании техногенных процессов над естественными (рисунок 4).

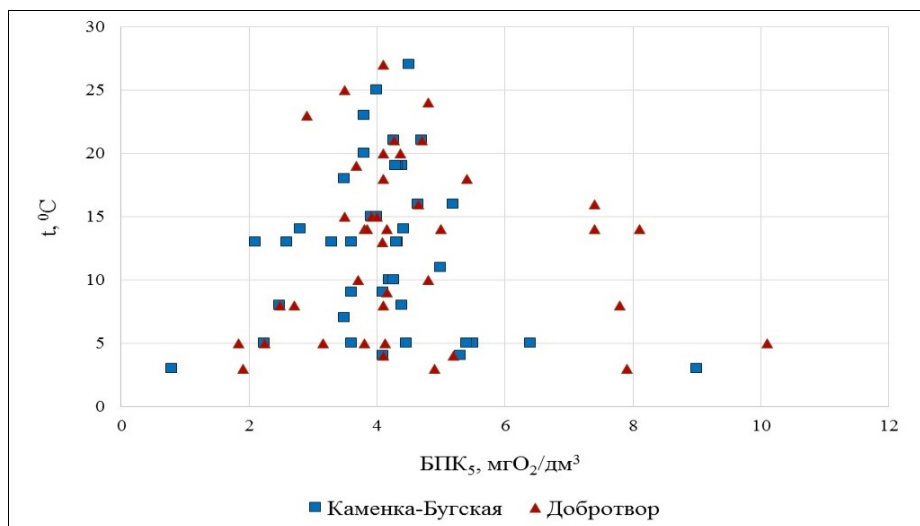


Рисунок 4. – Распределение показателя БПК₅ при разной температуре воды верхней части р. Зап. Буг

Можно было бы ожидать уменьшения количества растворенного кислорода с ростом показателя БПК (рисунок 5). Эта гипотеза хорошо подтвердилась в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская и менее надежно в п. Добротвор.

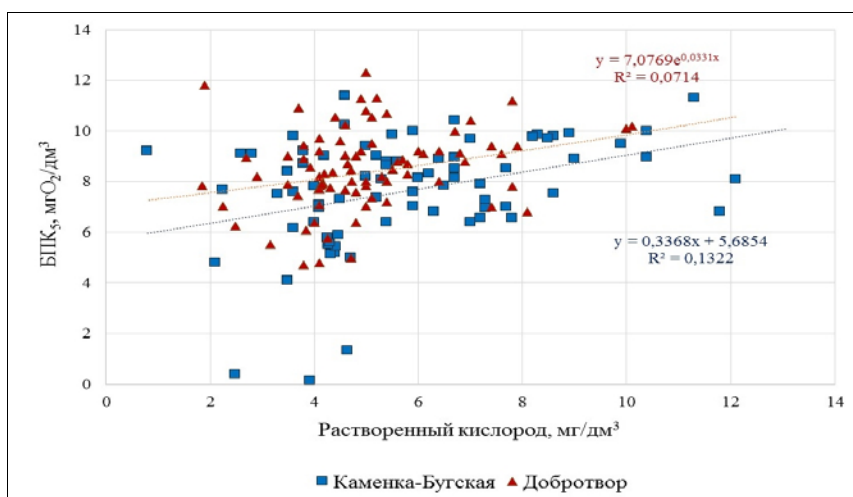


Рисунок 5. – Эмпирическая зависимость показателя БПК₅ от содержания растворенного кислорода в воде р. Зап. Буг

Снижение содержания растворенного кислорода происходит там, где активно происходят процессы окисления, вызванные природными и антропогенными процессами. БСК₅ – это разница между количеством растворенного кислорода в момент отбора пробы и через 5 суток. Существенное снижение кислорода через 5 суток происходит при наличии в пробе воды значительных количеств органических веществ, прежде всего микроорганизмов, способных к поглощению кислорода. Пробы, в которых зафиксиро-

рованы низкая концентрация растворенного кислорода и низкий показатель БПК, могут, по нашему мнению, свидетельствовать о том, что основные процессы окисления уже произошли, и, скорее всего, вызваны они органическими веществами небиологического происхождения. Пробы, в которых концентрация растворенного кислорода высока, а количество БСК низкое свидетельствует о незагрязненных природных водах, отобранных в зоне активного насыщения кислородом. Пробы с высокой концентрацией растворенного кислорода и высоким показателем БПК будут указывать на активное насыщение кислородом водоемов, лишенных небиологических органических веществ и одновременно обогащенных биологическими компонентами.

Химическое потребление кислорода. ХПК – популярный среди исследователей показатель органического загрязнения вод [17–20]. Это обусловлено относительной дешевизной его определения и высокой информативностью этого показателя. В отличие от определения концентрации нефтепродуктов, фенолов или других органических загрязнителей определение ХПК не требует дорогостоящей аппаратуры.

Показатель ХПК в г. Каменка-Бугская, пункте государственного мониторинга колеблется от 2,0 до 34,7 мгО₂/дм³ при среднем арифметическом 14,6 мгО₂/дм³, медиане 15,9, моде 16,5, стандартном отклонении 5,5. В водохранилище п. Добротвор среднее арифметическое значение ХПК чуть больше – 16,6 (5,0–34,7) мгО₂/дм³, медиана 15,8, мода 15,4 (рисунок 6).

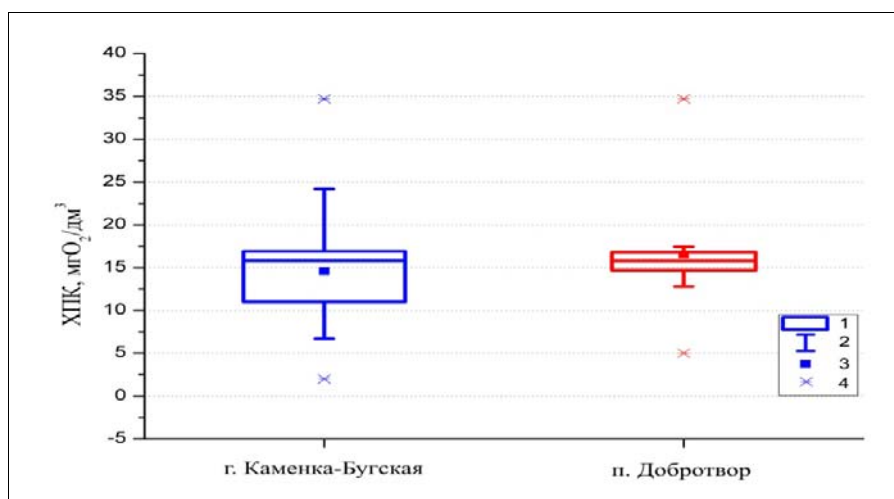


Рисунок 6. – Характеристика распределения показателя ХПК (мгО₂/л) по данным многолетнего мониторинга р. Зап. Буг в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская (диаграмма слева) и п. Добротвор (диаграмма справа): 1 – медиана, 2 – 25–75 %, 3 – min-max, 4 – выбросы

В г. Каменка-Бугская 55 % проб и 71 % проб в п. Добротвор превышают ПДК по показателю ХПК. В соответствии с принятой в Украине классификацией источников питьевого водопотребления [6] большая часть проанализированных нами проб воды относится ко 2 классу качества.

Нам не удалось установить статистически достоверной связи между показателем химического потребления кислорода и температурой воды и между ХПК и концентрацией растворенного кислорода.

Установлена корреляционная связь между количествами БПК и ХПК (коэффициент корреляции $r = 0,44$). Это закономерная связь, поскольку как БПК, так и ХПК свидетельствуют о наличии веществ, которые окисляются. Эта тенденция более характерна для пункта мониторинга г. Каменка-Бугская, и меньше для пункта мониторинга

п. Добротвор. Это объясняется значительно меньшей скоростью течения в водохранилище, что способствует лучшему размножению живых организмов. Вместе с тем невысокая плотность корреляционной связи указывает на различные аспекты органического загрязнения вод. БПК косвенно характеризует количество биологических объектов, способных к окислению, а ХПК является более интегральным показателем органического загрязнения.

Основные источники и факторы органического загрязнения вод верхней части р. Зап. Буг и меры по его минимизации. Бассейн реки загрязняется из-за сброса недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод коммунальными предприятиями Львовщины. К наиболее значительным объектам техногенной нагрузки на водоносную систему бассейна относятся такие предприятия, как КП «Львовводоканал» (КОС-1), ГКП «Каменка-Бугская ВКХ», КП «Жовкивский ПУВКХ», Бугское ПОУГ (без очистки), КП «Рава-Русское СУ № 2», Добротворская ТЭС [15].

На экологическое состояние поверхностных вод бассейна р. Зап. Буг влияют различные факторы, которые тесно взаимосвязаны:

1. Сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод. Значительная часть частного сектора районных центров и поселков городского типа не охвачены полностью централизованной системой канализации и сбрасывают сточные воды без очистки непосредственно в водные объекты – малые реки. В городах, где есть системы канализации, водоотведения и очистки, часто являются устаревшими и требуют модернизации.

2. Нарушение природоохранных режимов в прибрежных полосах и водоохраных зонах. Источниками загрязнения поверхностных вод часто является неорганизованные отходы и свалки на берегах рек. Границы прибрежных защитных полос должным образом не обустроены.

3. Наводнения. Вследствие наводнений и паводков загрязнители с надпойменных террас попадают в реку, размываются берега, нарушаются или разрушаются береговые укрепления.

Основными природоохранными мероприятиями, выполнение которых позволит снизить уровень опасности в бассейне верхней части р. Зап. Буг являются:

- 1) канализирование городов и поселков, прекращение сброса неочищенных стоков в реки, модернизация существующих и строительство новых очистных сооружений, обустройство прибрежных защитных полос водоемов и водосборных территорий;

- 2) создание на отдельных участках реки искусственных водопадов с целью дополнительной аэрации воды, совершенствование системы управления водными ресурсами и дальнейшее внедрение бассейнового принципа управления [21–23] и Директивы Европейской Комиссии по очистке бытовых сточных вод [16].

Заключение

1. Бассейн верхней части р. Зап. Буг принадлежит ландшафтным местностям Полесского типа, которые представлены плоско-волнистой водно-ледниковой равниной, значительно переработанной эоловыми процессами. Эти местности состоят из дубово-сосновых и сосновых лесов на дерново-подзолистых почвах, супесях и песках. В гидрологическом режиме р. Зап. Буг главную роль играют климатические и орографические условия. Регион отмечается нормальной увлажненностью. В среднем годовые суммы осадков колеблются от 597 до 1 070 мм.

2. Верхняя часть р. Зап. Буг катастрофически загрязнена органическими соединениями. В частности, 98,1 % проб воды содержат кислород в концентрациях ниже ПДК; в 92 % проб превышен ПДК биохимического потребления кислорода, а в 63 % проб – ПДК химического потребления кислорода.

3. Установлена эмпірическая зависимость изменения показателя БПК₅ от содержания растворенного кислорода и БПК₅ от ХПК в воде р. Зап. Буг.

4. На экологическое состояние поверхностных вод бассейна р. Зап. Буг наиболее негативно влияют сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, нарушение природоохранных режимов в прибрежных полосах и водоохранных зонах, наводнения.

5. Основными природоохранными мероприятиями, выполнение которых позволит снизить уровень опасности в бассейне верхней части р. Зап. Буг, являются: канализование городов и поселков, прекращение сброса неочищенных стоков в реки, модернизация существующих и строительство новых очистных сооружений, обустройство прибрежных защитных полос водоемов и водосборных территорий; создание на отдельных участках реки искусственных водопадов с целью дополнительной аэрации воды, совершенствование системы управления водными ресурсами и дальнейшее внедрение бассейнового принципа управления.

Автор благодарен за плодотворные научные дискуссии, вследствие которых удалось улучшить данную статью, кандидату технических наук доценту А.Г. Рэнкасу, кандидату химических наук доценту Л.В. Сысе, кандидатам физико-математических наук доцентам О.В. Меньшиковой и О.О. Карабын.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Держводагенство України. Львівське обласне управління водних ресурсів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=83028>.

2. Атлас геологія і корисні копалини України / під ред. Л. С. Галецького. – Київ : Такі справи, 2001. – 168 с.

3. Природні ресурси Львівщини / Б. М. Матолич [та ін.]. – Львів : ПП Лукашук В. С., 2009. – 120 с.

4. Унифицированные методы анализа вод / под ред. Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1973. – 376 с.

5. КНД 211.1.4.021-95 Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах. – Київ, 1995. – 15 с.

6. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правил відбирання : ДСТУ 4808:2007. – Прийнято та надано чинності 05.07.2007. – Київ. : Держспоживстандарт України, 2007. – 36 с.

7. Стасюк, М. Ф. Статистичний аналіз : навч. посібник / М. Ф. Стасюк, О. О. Карабин, М. І. Кусій. – Львів : Сполом, 2015. – 139 с.

8. Карабин, О. О. Викладання багатofакторного кореляційного аналізу з використанням інформаційно-комунікаційних технологій / О. О. Карабин, О. Ю. Чмир // Вісн. ЛДУБЖД. – 2016. – № 13. – С. 181–191.

9. Drogi wodne Europy Środkowo-Wschodniej = Waterways of Central and Eastern Europe : Studia Regionalne i Lokalne polski Południowo-Wschodniej / red. Z. Ziolo, G. Starodub, H. Połcik. – Dzierżówka ; Kraków : Progress, 2013. – Т. 11. – S. 79–90.

10. Дубняк, С. С. Вплив попусків ГЕС на кисневий режим мілководь річкових ділянок водосховищ / С. С. Дубняк, К. М. Цапліна, О. О. Кузько // Наук. зап. Сер. Біологія. – 2001. – № 4 (15). Спец. вип.: Гідроекологія. – С. 211–212.

11. Зенин, А. А. Гидрохимический словарь / А. А. Зенин, Н. В. Белоусова – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 239 с.

12. Самойленко, В. Н. Факторы, определяющие обмен кислородом между водоемами и атмосферой (на примере устьевой области Днепра) / В. Н. Самойленко // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 4. – С. 101–104.
13. Осадчий, В. І. Кисневий режим поверхневих вод України / В. І. Осадчий, Н. М. Осадча // Наук. праці УкрНДГМІ. – Київ, 2007. – Вип. 256. – С. 265–285.
14. Гриб, Й. В. Концептуальні основи відродження трансформованих екосистем малих річок рівнинної частини території України / Й. В. Гриб, Д. Й. Войтишина // Екол. вісн. – 2009. – № 5. – С. 62–64.
15. Екологічний паспорт Львівської області за 2012 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ekology.lviv.ua>.
16. European Commission. Directive 91/271/EEC concerning urban waste-water treatment, 1991 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/environment/water/waterurbanwaste/index_en.html.
17. Басов, М. В. Комплексна оцінка якості малих річок на прикладі лівих приток річки Рось / М. В. Басов, Л. В. Сиса // Вісн. ЛДУ БЖД. – 2015. – № 12. – С. 100–105.
18. Еколого-геохімічні умови будівництва глибоких свердловин на ділянках низькогірного рельєфу (на прикладі Південнобориславської площі) / Я. Г. Лазарук [та ін.] // Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 4–6 лист. 2015 р. – Львів, 2015. – С. 373–374.
19. Карабин, В. Вплив буріння нафтових свердловин Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину на якість ґрунтових вод / В. Карабин, О. Яронтовський // Ресурси природних вод Карпатського регіону : зб. наук. ст. – Львів, 2003. – С. 22–26.
20. Карабин, В. В. Щодо динаміки забруднення ґрунтових вод Передкарпаття у зоні техногенезу родовищ нафти / В. Карабин [та ін.] // Пр. науков. тов-ва ім. Шевченка. – Т. XIX : Геол. зб. – Львів, 2007. – С. 182–190.
21. Павлюк, М. І. Геохімічні аспекти екологічної безпеки буріння нафтогазових свердловин на Південнобориславській площі Передкарпаття / М. Павлюк, Я. Лазарук, В. Карабин // Геологія та геохімія горючих копалин. – 2016. – № 1–2. – С. 5–16.
22. Камінська, Т. В. Особливості управління водними ресурсами за басейновим принципом / Т. В. Камінська, О. Л. Заброцький // Вісн. НУВГП. – 2007. – № 3 (21). – С. 17–23.
23. Наукові основи басейнового управління природними ресурсами (на прикладі річки Гнила Липа) : монографія / М. М. Приходько [та ін.] ; за ред. М. М. Приходька. – Івано-Франківськ : Галицька друкарня, 2006. – 270 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.03.2017

Karabyn V.V. Organic Pollution of the Upper Part of the Western Bug

Variability of organic pollution indexes – biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and dissolved oxygen concentration – was analyzed. Water samples were collected in two stations of state monitoring on the upper part of the Western Bug at Kamyanka-Buzka and Dobrotvir. Oxygen concentration in 98,1% of water samples doesn't exceed MPC. BOD exceeds MPC in more than 92 % samples, COD – in more than 92 % samples. Empirical dependence of BOD from dissolved oxygen concentration and BOD5 was defined. Statistically significant correlations between COD and water temperature, BOD5 and water temperature, COD and dissolved oxygen concentration don't exist. Uncontrolled waste disposal, coastal and water body buffer zone regime disturbance, floods make the most negative effect on the ecological state of surface water of the Western Bug.