

МОНІТОРИНГ І СТАН ДОВКІЛЛЯ

УДК 556.531.3/4 + 556.551

В.І. Осадчий, Н.М. Осадча

КИСНЕВИЙ РЕЖИМ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД УКРАЇНИ

Розроблено методологічні підходи та проведено оцінку кисневого режиму поверхневих вод України. Встановлено особливості формування кисневого режиму та виявлені головні чинники, що визначають внутрішньорічну динаміку кисневого режиму окремих річок. Виконано типізацію поверхневих вод України за їх кисневим режимом.

Вступ

Розчинений у воді кисень належить до найважливіших фізико-хімічних показників, які впливають на екологічний стан водних екосистем. Він є одним із найбільш потужних природних окислювачів. Його вміст у великій мірі визначає якість води завдяки інтенсифікації процесів самоочищення, фізико-хімічної трансформації й гідробіологічного кругообігу речовин [8, 9, 11]. Наявність кисню у воді також визначає можливість підтримання онтогенезу гідробіонтів. Для нормального розвитку риб необхідно мінімум 5 мг/дм³ кисню, а зниження концентрації газу до 2 мг/дм³ призводить до їх масової загибелі [6].

Концентрація розчиненого у воді кисню є інтегральною величиною, що визначається співвідношенням різноспрямованих фізико-хімічних, гідробіологічних і гідродинамічних процесів, які відбуваються у водному середовищі та на межі розділення фаз «вода – атмосфера». Основними джерелами надходження кисню у воду є атмосфера, де він міститься в значній кількості, а також фотосинтетична діяльність фітопланктону. Збагачення води киснем також може відбуватися внаслідок турбулентності потоку, випадіння дощу [1, 4, 12, 16].

Природні водні об'єкти перебувають у постійній взаємодії з атмосферою внаслідок обміну киснем між поверхневим шаром води та приводним шаром атмосфери, що зумовлено різницею парціального тиску в рідкій і газовій фазах. Експериментальні роботи, виконані в нижній частині Дніпра, показали, що в умовах зарегульованого стоку в

цілому за рік переважає інвазія кисню з атмосфери, кількісні характеристики якої переважають $100 \text{ г/м}^2 \cdot \text{рік}$ [17, 18].

Окиснення речовин та дихання водних організмів – основні чинники витратної частини балансу кисню у водних об’єктах. Досить переконливими також є також твердження ряду дослідників про вплив характеру й типу живлення річок на рівень збагачення їх вод розчиненим киснем [2]. Найбільша кількість кисню міститься у поверхнево-схилових водах, а найменша – у ґрунтових. Зменшення вмісту розчиненого кисню влітку, можливо, пов’язано з переходом річок на ґрунтове живлення [3].

Матеріали та методи

Кількісний вміст кисню у розчині визначається його парціальним тиском у повітрі й описується законом Генрі. За парціального тиску 1 атм. вміст кисню визначатиметься величиною його розчинності, яка тісно пов’язана з температурою води. Ця концентрація називається нормальною й відповідає 100% насичення [10]. На основі залежності нормальної концентрації кисню від температури води отримано рівнянням:

$$O_2 (\text{мг/дм}^3) = 0,0045 t^2 (^\circ\text{C}) - 0,3688 t (^\circ\text{C}) + 14,557 (R^2 = 1).$$

Аналіз багаторічних даних спостережень Державної гідрометслужби (1989–2005 рр.) за вмістом розчиненого кисню та особистих експериментальних даних дозволив отримати емпіричну лінійну кореляційну залежність вмісту кисню від температури води для кожної річки або водосховища України в межах основних річкових басейнів. У розрахунках не враховувались дані кисневого режиму, характерного для під явища задухи. Приклад отриманої емпіричної залежності вмісту кисню від температури води показано для вод Канівського водосховища (рис. 1).

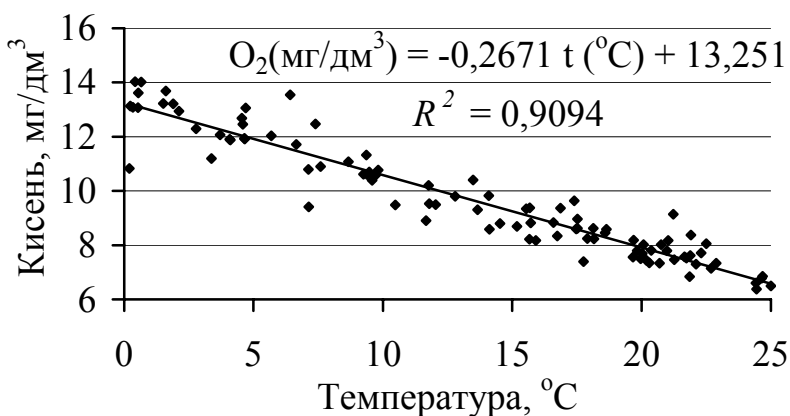


Рис. 1. Емпірична залежність (лінійний тренд) вмісту кисню від температури у воді Канівського водосховища (м. Київ), отримана за даними 1989–2005 рр.

На основі отриманих залежностей у досліджуваних річках було відтворено середній багаторічний хід розчиненого у воді кисню залежно від температури води й порівняно його з кривою нормальних концентрацій кисню (100% насичення).

Результати та їх обговорення

Концентрація кисню, розчиненого у поверхневих водах України, коливається у широких межах – від 0 до 14 мг/дм³, а в разі інтенсивного перебігу гідробіологічних процесів може досягати 25 і більше мг/дм³. Вміст розчиненого кисню у водних об'єктах виявляє певні сезонні коливання. Типовий графік ходу кисню й температури води показано на прикладі р. Десна (рис.2).

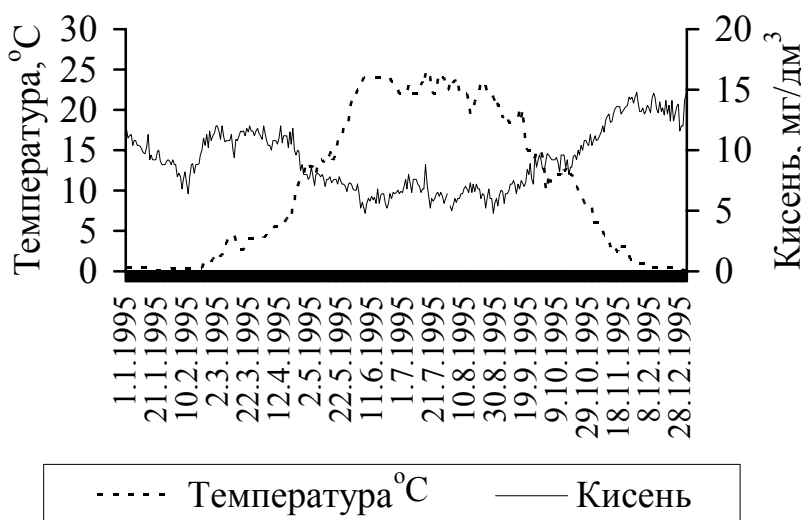


Рис. 2. Річний хід розчиненого кисню й температури води р. Десна, с. Літки, 1995 р.

Вміст розчиненого кисню у воді р. Десна під час відкритого русла регулюється насамперед процесами газообміну

з атмосферою, фотосинтезом, витратами на окиснення розчинених органічних речовин і хімічне окиснення заліза й сполук азоту.

Як свідчать результати наших досліджень, максимальний вміст кисню (12-14 мг/дм³) досягається в період, що передуює льодоставу, на фоні поступового зниження температури. Останнє, з одного боку, призводить до збільшення розчинності кисню, а з іншого - до уповільнення процесів окиснення органічних речовин. У цей час у водному середовищі не накопичується значної кількості іонів амонію, наявність яких потребує значної кількості кисню для їх нітрифікації. Протягом зимової межени внаслідок перевищення витратної частини балансу газу над прибутковою вміст розчиненого кисню поступово зменшується.

Навесні, з початком розвитку первиннопродуцентів кількість розчиненого кисню зростає до 10-12 мг/дм³. Однак подальше збільшення

температури води, яка максимально досягає 22–25°C, призводить до зменшення розчинності кисню. Не зважаючи на розвиток фітопланктону, у червні концентрація розчиненого кисню досягає мінімальних за рік значень – 3,5-4,0 мг/дм³. У літній період у воді збільшується кількість органічних речовин, на окиснення яких активно витрачається розчинений кисень [7]. Вірогідно, що не тільки температура, але й відмінності природи органічних речовин визначають високу інтенсивність окиснення органічних сполук у цей період.

Басейн Дунаю. Дослідження кисневого режиму у басейні Дунаю проводили для річок Дунай (українська частина), Прут, Тиса, Латориця, Уж, Боржава, Веча, Кам'янка й Черемош. Загальною характерною особливістю є те, що у холодний період року вміст кисню у воді менший за той, що відповідає його розчинності, а в теплий період, навпаки, вода перенасичена киснем. За отриманими нами результатами було вирізнено декілька типів кисневого режиму обраних річок. До першого були віднесені річки з незначним вмістом органічної речовини – річки Веча й Черемош (рис.3.). Вміст кисню у водах цих річок є стабільним протягом усього року; він практично не залежить від коливання температури води, а в основному визначається фотосинтетичними і гідродинамічними процесами. Перехід через 100% насичення відзначається для р. Веча при 7°C, а для р. Черемош – при 13°C.

Витрачання кисню на процеси окиснення невеликі. ХСК у їхніх водах у середньому становить 14–16 мгО/дм³, а БСК₅ – 2,6–2,7 мгО₂/дм³.

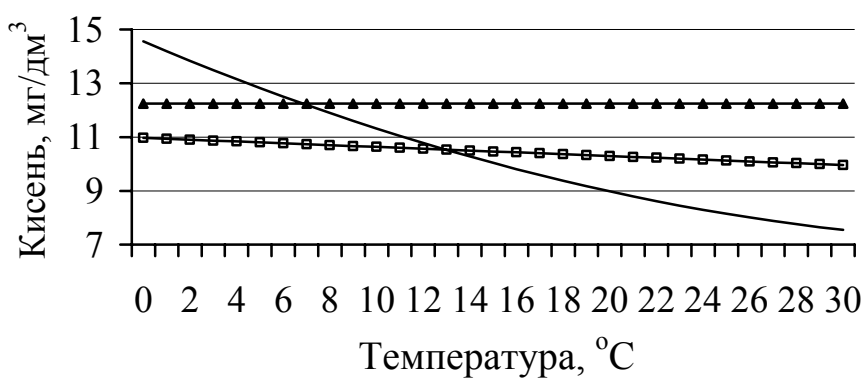


Рис. 3. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Веча й Черемош, 1989-2005 рр.

— нормальна концентр. ▲ Веча ■ Черемош

Другу групу за типом кисневого режиму складають річки Тиса, Латориця, Уж, Боржава, Кам'янка (рис. 4). У воді зазначених річок відзначається обернена залежність між вмістом кисню й температурою

води, що зумовлено зменшенням розчинності газу. У період вегетації, який розпочинається за середньої температури $+10^{\circ}\text{C}$, спостерігається перехід через 100% насичення, однак тенденція до зменшення вмісту кисню зі зростанням температури зберігається. Очевидно, частина кисню витрачається на деструкцію органічних речовин. ХСК у водах досліджуваних річок у середньому становить $16\text{--}18\text{ мг О/дм}^3$, а БСК₅ – $2,7\text{--}2,8\text{ мг О}_2/\text{дм}^3$.

До третього типу відносяться українська ділянка р. Дунай та р. Прут (рис. 5).

Води зазначених річок досить збіднені на кисень, оскільки емпіричні криві залежності $\text{O}_2=f(t^{\circ}\text{C})$ розміщені нижче лінії нормальних концентрацій кисню. У р. Прут перехід через 100% насичення киснем спостерігається при 17°C , а більшу частину року вміст кисню у воді менший за величину, що відповідає 100% насиченості.

У водах Дунаю протягом усього року спостерігається недонасиченість води киснем. Це пов'язано з інтенсивним його витрачанням на деструкцію органічних речовин, вміст яких характеризується такими величинами: ХСК $20\text{--}24\text{ мг О/дм}^3$, а БСК₅ – $2,8\text{--}5,2\text{ мг О}_2/\text{дм}^3$. Крім того, через велику каламутність води Дунаю його і високу швидкість течії спостерігається недостатній розвиток фітопланктону [19].



Рис. 4. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Тиса, Латориця, Уж, Боржава, Кам'янка, 1989-2005 рр.

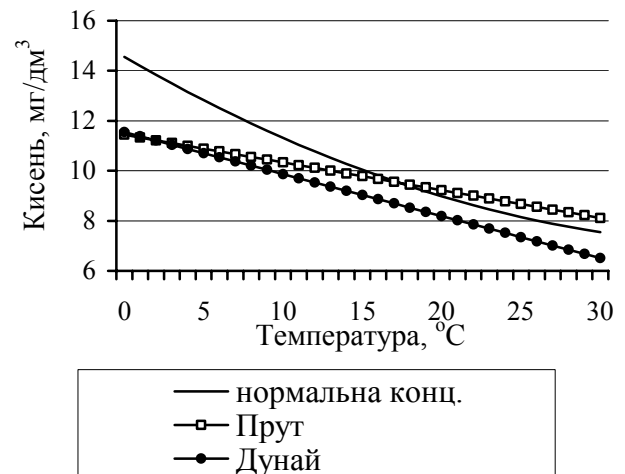


Рис. 5. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Дунай і Прут, 1989-2005 рр.

Басейн Дністра. Узагальнення динаміки кисню у воді річок басейну Дністра показало, що тут також виділяється декілька загальних типів

кисневого режиму. До першої групи віднесли річки, вміст кисню в яких практично не залежить від температури, а визначається дією фотосинтетичних або гідродинамічних процесів (рис.6). Концентрація кисню у воді таких річок протягом року змінюється не більше, ніж на 1 мг/дм³. Перехід через 100% насиченості відбувається в діапазоні температур 8–14°C.

Для річок Стрий, Серет, Ломниця й Дністровського водосховища характерний дещо інший тип кисневого режиму (рис. 7). У воді зазначених річок у холодний період року спостерігається недонасиченість води киснем, оскільки частина його витрачається на деструкцію органічних речовин. З початком вегетаційного періоду вода пересичена відносно нормального вмісту кисню за даної температури. Перехід через 100% насичення відбувається в досить широких межах від 7°C для р. Ломниця до 15°C для Дністровського водосховища. У разі подальшого збільшення температури спостерігається зменшення вмісту кисню, проте воно не таке інтенсивне ніж зниження його розчинності у воді.

У воді р. Тисмениця, що характеризується високим органічним забрудненням води (ХСК=7 мгО/дм³ БСК₅=4,5 мгО₂/дм³), спостерігається аномальний тип залежності вмісту кисню від температури води (рис. 8). Очевидно, що зв'язок між досліджуваними компонентами визначається більш складним характером опосередкованих взаємодій. Хоча й спостерігається зменшення вмісту кисню при збільшенні окиснюваності води, проте коефіцієнт лінійної кореляції не є значущим – (-0,39).

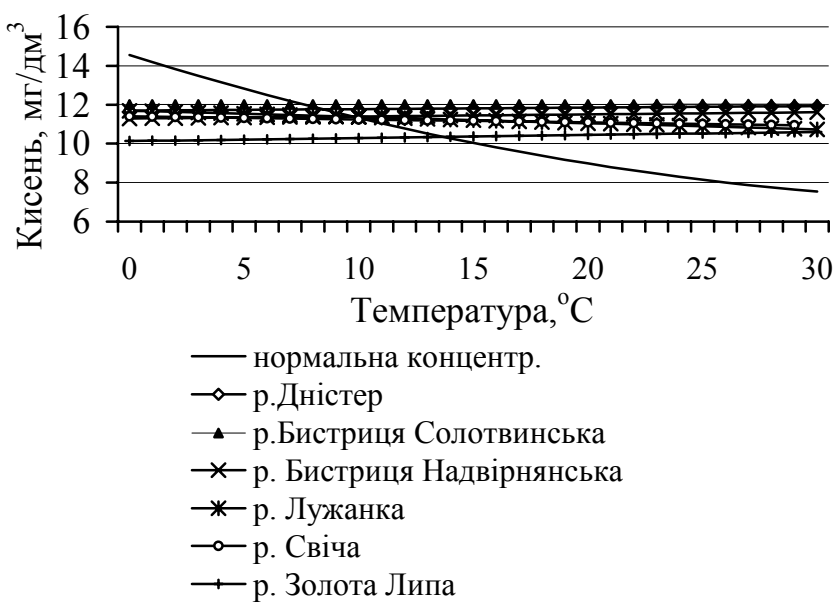


Рис. 6. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Дністер, Бистриця Солотвинська й Бистриця Надвірнянська, Свіча й Золота Липа, 1989-2005 рр.

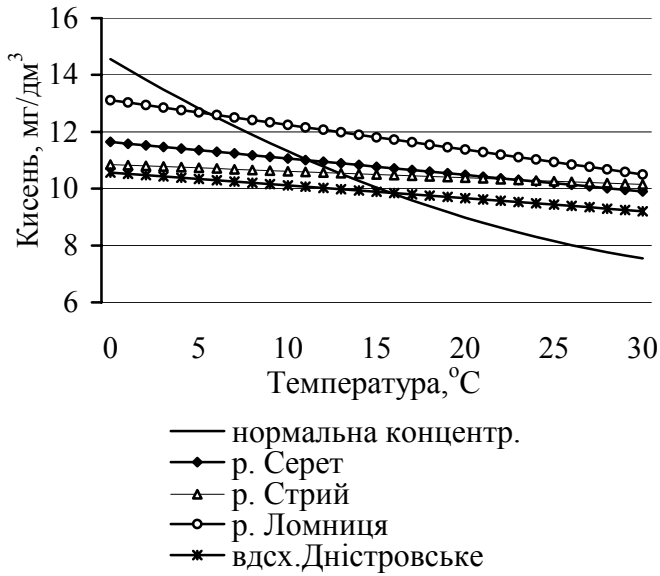


Рис. 7. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Стрий, Серет, Ломниця та у Дністровському водосховищі, 1989 - 2005 рр.

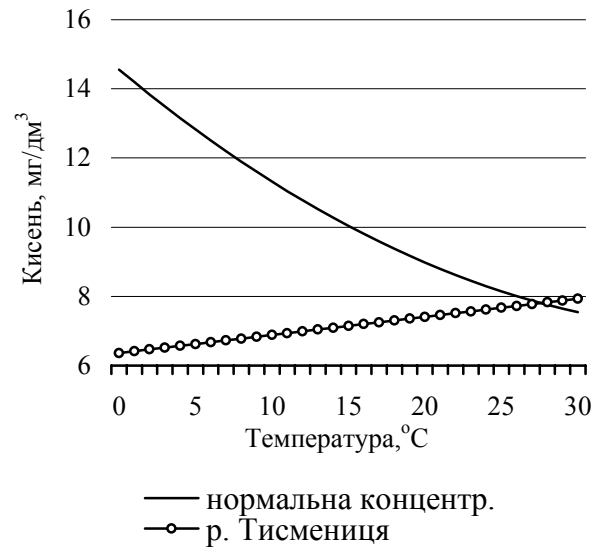


Рис. 8. Залежність вмісту кисню від температури води в річці Тисмениця, 1989 – 2005рр.

Слід враховувати, що вода р. Тисмениці належать до солонуватого типу й має високий вміст амонійного азоту. Відповідно частина кисню витрачатиметься на окиснення компонентів у системі азоту.

Прямого зв'язку між типом кисневого режиму й вмістом органічних речовин для річок басейну Дністра визначити не вдалося. Очевидно, у цьому випадку велику роль відіграють морфометричні показники й гідродинамічні умови річок, особливості їхнього живлення й геохімічний цикл азоту.

Басейн Дніпра. Вивчення особливостей кисневого режиму в басейні Дніпра показало різноманіття умов його формування. У річках Трубіж, Десна й Псел сформувалися рівноважні умови надходження і споживання кисню. Не дивлячись на зміну розчинності газу протягом року, його концентрації залишалися практично стабільними (коливання не перевищують $0,5 \text{ мг/дм}^3$). У літній період кисень активно продукувався фітопланктоном, що компенсувало зменшення його концентрації через розчинність, а в зимовий час – кисень витрачався на деструкцію органічної речовини і біохімічне споживання (рис. 9).

У річках Стохід, Хорол і Ірпінь відзначається навіть незначне збільшення вмісту кисню під час вегетаційного періоду (рис. 10).

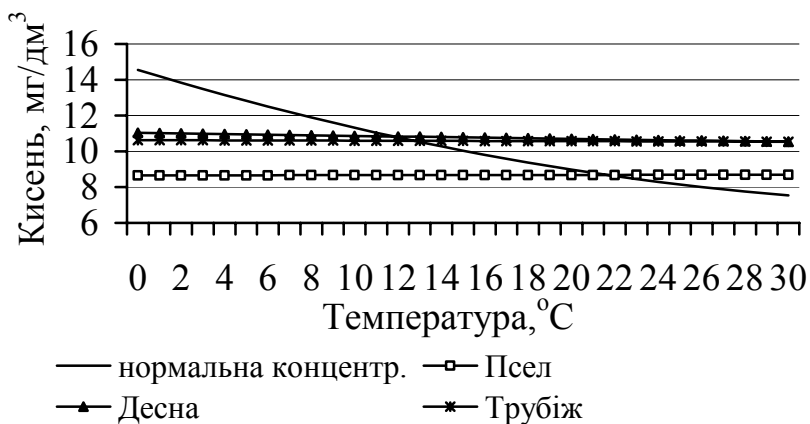


Рис. 9. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Псел, Десна, Трубіж, 1989-2005 рр.

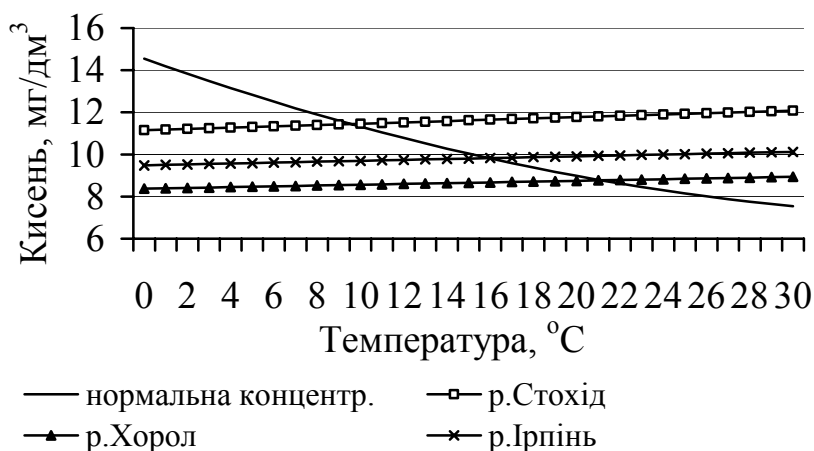


Рис. 10. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Стохід, Хорол, Ірпін, 1989- 2005 рр.

Для більшої ж частини річок басейну емпіричні криві залежності $O_2=f(t^{\circ}C)$ повторюють хід кривої нормальних концентрацій. У холодний період року спостерігається ступінь насичення води киснем на рівні менше 100% унаслідок процесів окиснення органічних речовин, а в результаті підвищення температури й активізації фотосинтетичної діяльності фітопланктону вода перенасичується киснем (рис. 11). Перехід через 100% насичення спостерігається в широкому діапазоні – від 7°C до 19°C. Розміщення емпіричної кривої відносно лінії нормальних концентрацій вказує на більш пізній перехід через точку 100% насичення.

За найнесприятливіших умов вміст кисню у воді річок цього типу не опускався нижче 8 мг/дм³, що є достатнім для того, щоб ефективно відбувався процес самоочищення.

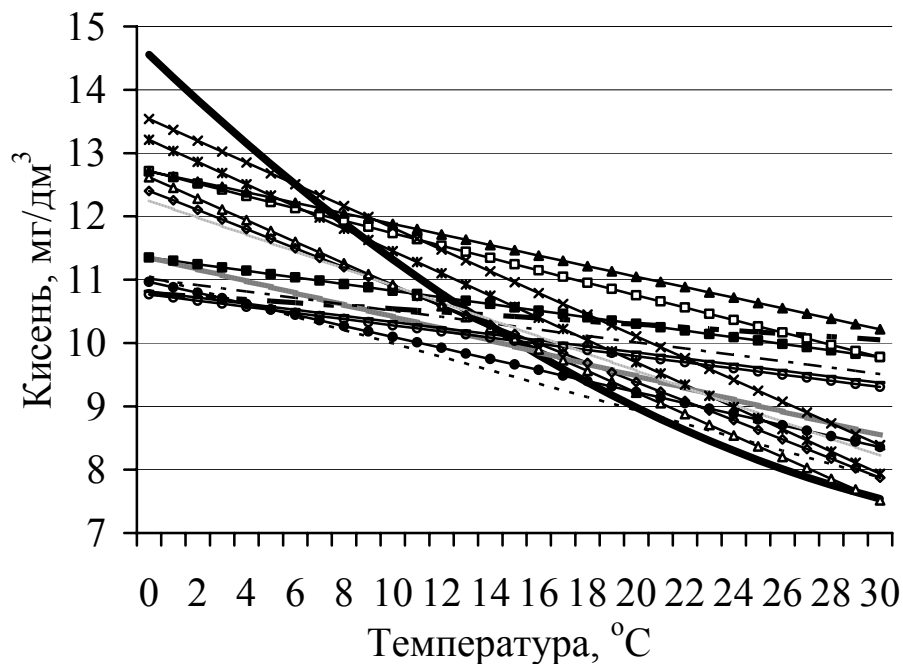
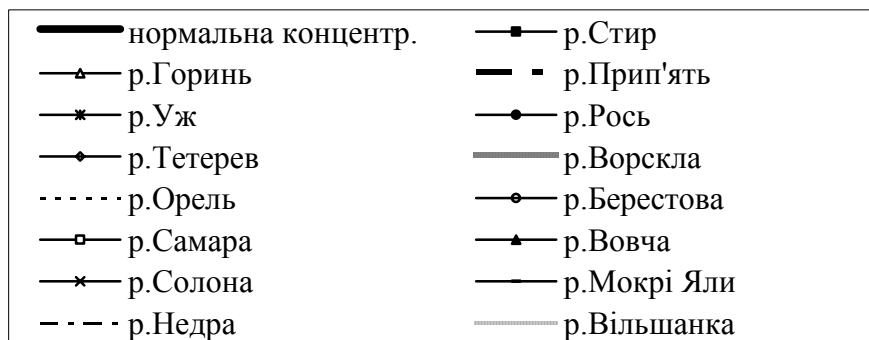


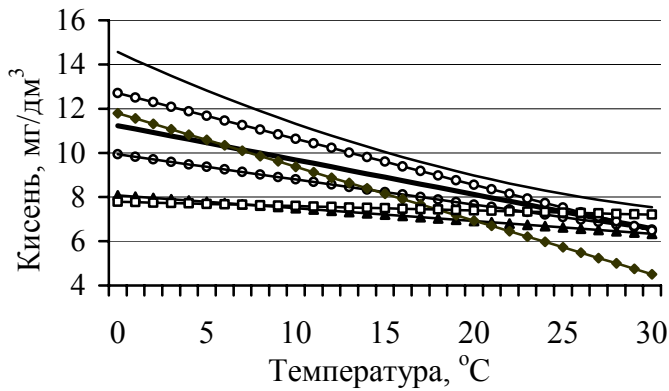
Рис. 11. Залежність вмісту кисню від температури води в річках басейну Дніпра, 1989 - 2005 рр.



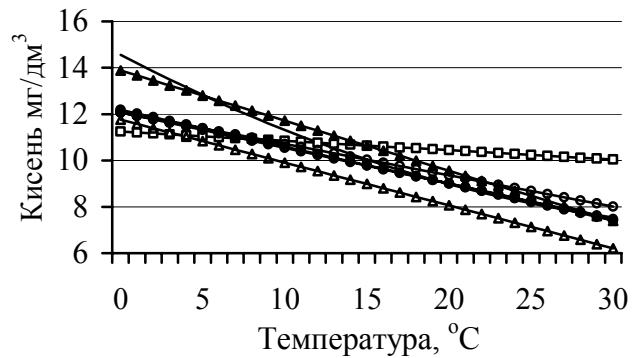
У річках Удай, Інгулець, Конка, Мокра Московка, Остер і Сула забезпечення води киснем незадовільне протягом усього року, а емпіричні криві залежності вмісту кисню від температури розміщені нижче нормальної кривої розчинності кисню (рис. 12).

Характерно, що всі перераховані річки приймають значні обсяги стічних вод міст, а саме: р. Удай – м. Прилуки; р. Інгулець – м. Кривий Ріг; р. Мокра Московка – м. Запоріжжя; р. Остер – м. Козелець; р. Сула – м. Лубни. Води цих річок мають підвищений вміст органічних речовин, а величина ХСК змінюється в межах 33–47 мг О/дм³.

Характер розподілу вмісту кисню залежно від температури води у водосховищах Дніпровського каскаду наведено на рис. 13. Кисневий режим водосховищ визначається гідрометеорологічними чинниками, розвитком фітопланктону й впливом антропогенних чинників. Крім того, встановлено, що у водосховищах кисень активно споживається донними відкладами [17].



- нормальна концентр.
- ▲ р. Удай
- р. Інгулець
- р. Конка
- р. М. Московка
- ◆ р. Остер
- р. Сула



- нормальна концентр.
- Київське
- Канівське
- Кременчуцьке
- Дніпродзер.
- ▲ Дніпровське
- ▲ Каховське

Рис. 12. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Удай, Інгулець, Конка, Мокра Московка, Остер і Сула, 1989-2005 рр.

Рис. 13. Залежність вмісту кисню від температури води у водосховищах Дніпровського каскаду, 1989-2005 рр.

У воді Київського водосховища співвідношення прибуткової і витратної частини кисневого балансу є найбільш оптимальним. У зимовий період через витрачання кисню на окиснення органічних речовин, що досягає 0,12–0,56 мг/дм³·добу [11], води недонасичені киснем. Витрати кисню на хімічне й біохімічне окиснення є вагомим чинником зменшення вмісту кисню аж до виникнення задухи. З початком сезону вегетації забезпеченість води киснем поліпшується. Оскільки органічна речовина води Київського водосховища на 85% представлена біохімічно стійкими гумусовими речовинами, то отримана нами емпірична крива $O_2=f(t^{\circ}C)$ Київського водосховища має незначний нахил, і у ньому практично спостерігається рівновага прибуткової й витратної частин кисневого балансу. Водосховища, що розміщені нижче, майже всі незадовільно забезпечені киснем, особливо найнижче, Каховське водосховище. Показано, що серед процесів продукування – споживання кисню в Каховському водосховищі велике значення належить режиму його експлуатації [12].

Західний Буг. Дослідження кисневого режиму річок басейну Західного Бугу були виконані для р. Західний Буг на відтинку від м. Буськ до м. Сокаль і його основних приток – річок Луга, Рата й Солокія.

У воді приток Західного Бугу й на його ділянці нижче м.Сокаль спостерігається задовільний кисневий режим (рис. 14).

У холодний період року частина кисню активно витрачається на окиснення органічних речовин, внаслідок чого спостерігається зменшення відсотку насичення води киснем. З початком розвитку фітопланктону насиченість води киснем збільшується. Перехід через 100% позначку спостерігається при 10–18°C. Характерним є те, що чим менший вміст розчинених органічних речовин у воді, тим раніше настає перенасичення води киснем. Так, для зазначених річок величина ХСК (мгО/дм³) змінювалась у напрямку р. Солокія (32) < р. Рата (33) < р. Західний Буг, м. Сокаль (38). У такому ж порядку відбувається перехід через точку 100% насичення води киснем (рис.14).

Принципово відрізняються від вищезазначених особливості кисневого режиму верхньої і середньої ділянки Західного Бугу й р.Полтви (рис. 15).

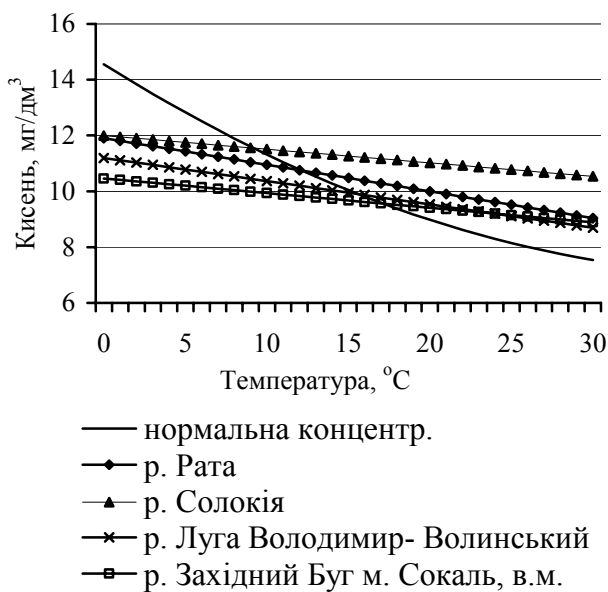


Рис. 14. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Рата, Солокія, Луга й Західний Буг нижче м. Сокаль, 1989-2005 рр.

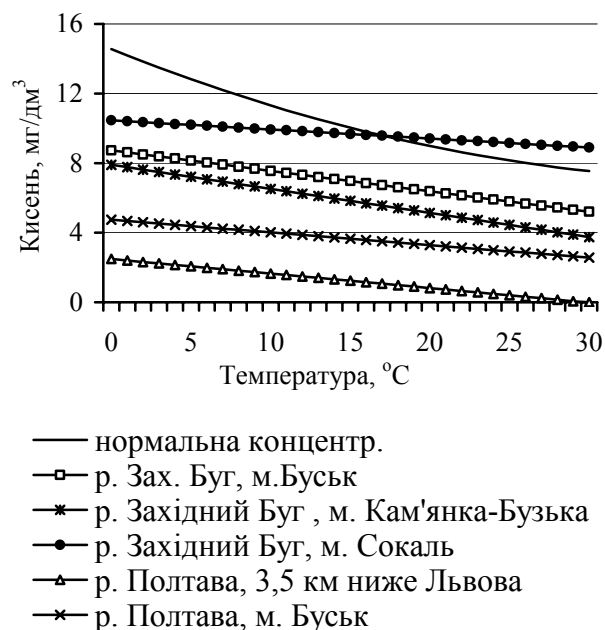


Рис. 15. Залежність вмісту кисню від температури води в річках Західний Буг і Полтва, 1989-2005 рр.

Емпіричні криві залежності вмісту кисню від температури води у згаданих об'єктах розміщені нижче кривої нормальної концентрації, що свідчить про незадовільну забезпеченість киснем води річок. На рис. 15 видно, що вода р. Полтва за дослідженим параметром перебуває в критичному стані.

Нижче м. Львів вміст розчиненого у воді кисню практично не перевищує 2 мг/дм^3 . Нижче за течією в місці впадіння в р. Західний Буг концентрації кисню у воді р. Полтви дещо підвищуються. Води р. Полтви значно впливають і на р. Західний Буг. Як видно з рис. 15, унаслідок розбавлення води р. Полтви Західним Бугом забезпеченість киснем підвищується, проте негативний вплив простежується на значній відстані. На проміжку від м. Буськ до м. Кам'янка Бузька спостерігається недонасичення води р. Західний Буг киснем, а його абсолютні концентрації значно нижче нормальних величин за даних температурних умов.

Вкрай незадовільний екологічний стан р. Полтва пояснюється надходженням стічних вод м. Львів, об'єми яких досягають близько $490 \text{ тис. м}^3/\text{добу}$, або $5,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Це становить 86% обсягів скиду стічних вод у басейні Західного Бугу в межах України та Польщі [5]. Серед стічних вод, за даними 2001–2003 рр., частка неочищених і недостатньо очищених складала 35% . Погіршує ситуацію й те, що р. Полтва, яка бере початок із джерела в межах Львова, на протязі 10 км протікає у закритому колекторі, що, відповідно, також порушує її самоочисну здатність.

Слід зазначити, що кисневий режим р. Полтва є найгіршим серед усіх річок України.

Басейн Південного Бугу. У басейні Південного Бугу найбільш сприятливий кисневий режим спостерігається в нижній ділянці річки (на відтинку від м. Первомайськ до гирла) й у воді р. Інгул (рис. 16).



Рис. 16. Залежність вмісту кисню від температури води в нижній течії р. Південний Буг і річках Інгул, Кодима, Савранка, Синюха, Уманка, 1989-2005 рр.

Вміст кисню у зазначених водних об'єктах практично стабільний протягом усього року, його коливання в Інгулі становить $0,9 \text{ мг/дм}^3$, а у всіх інших річках не перевищує $0,5 \text{ мг/дм}^3$.

Це свідчить про достатній розвиток фотосинтетичних процесів і незначну витрату кисню на деструкцію органічних речовин.

У інших притоках Південного Бугу фітопланктон не компенсує витрачання кисню на окислювальні процеси, у воді спостерігається недонасиченість киснем (<100%), яка у р. Соб відзначається тільки в холодний період, а в річках Бужок і Чорний Ташлик – протягом усього року (рис. 17).

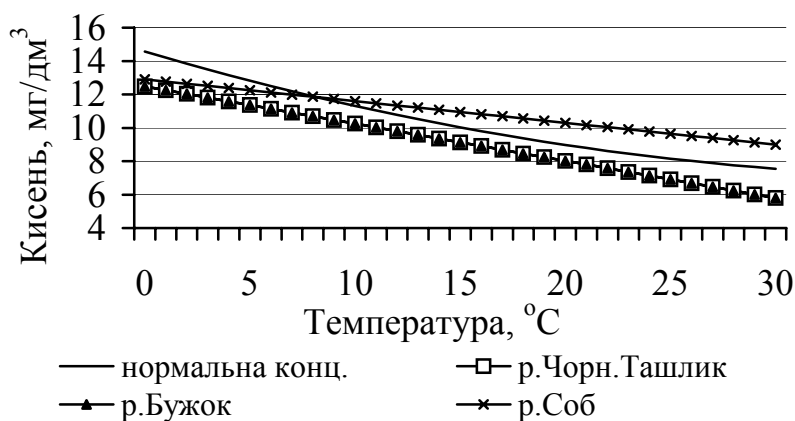


Рис. 17. Залежність вмісту кисню від температури води у водах річок Чорний Ташлик, Бужок і Соб, 1989-2005 рр.

За всією течією Південного Бугу стан забезпеченості води розчиненим киснем істотно відрізняється (рис. 18).

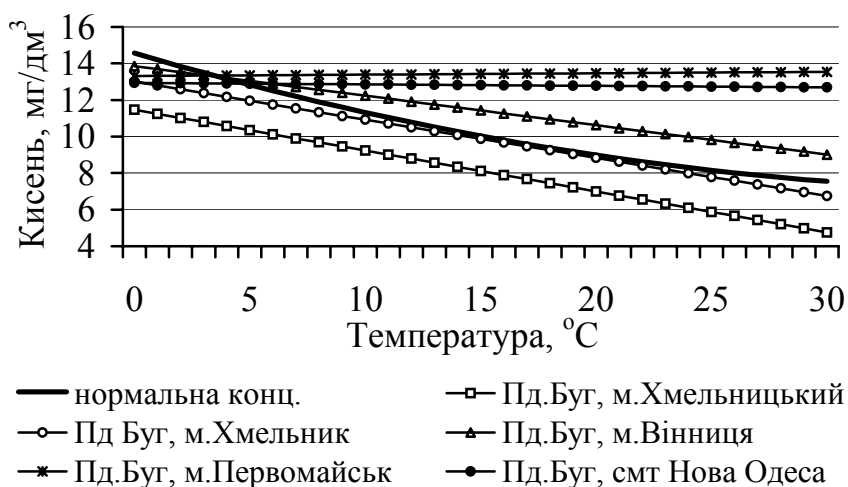


Рис. 18. Залежність вмісту кисню від температури води у воді Південного Бугу, 1989-2005 рр.

У верхній частині (створ м. Хмельницький) крива залежності $O_2=f(t^{\circ}C)$ розміщена значно нижче лінії нормальних концентрацій кисню, що відповідає його розчинності у воді. Це, швидше за все, пов'язано з надходженням забруднених стічних вод м. Хмельницького. У наших попередніх роботах [13-15] неодноразово відзначалося зниження вмісту кисню нижче м. Хмельницького у теплий період року до граничної межі 4 мг/дм³.

Нижче за течією (у створі м. Хмельник) вміст кисню збільшується, а крива залежності $O_2=f(t^{\circ}C)$ практично наближається до лінії нормальних

концентрації кисню. Ще нижче за течією (створ м. Вінниця) кут нахилу кривої $O_2=f(t^{\circ}C)$ збільшується, що свідчить про подальше покращення кисневого режиму. В нижній частині річки (рис. 18) концентрація розчиненого кисню є стабільною і визначається перебігом гідробіологічних процесів. Річка Південний Буг відзначається значною зарегульованістю, що сприяє розвитку фітопланктону й покращує насиченість води киснем.

Вищенаведені результати засвідчують, що негативний вплив стічних вод м. Хмельницького простежується на відрізку річки Південний Буг від м. Хмельницького до м. Хмельник.

Водні об'єкти Криму характеризуються практично однорідними умовами щодо забезпеченості води розчиненим киснем (рис. 19). У холодну пору року через уповільнення фотосинтетичних процесів і витрачання кисню на деструкцію органічних речовин його вміст не досягає 100% насичення. Прогрівання води спричиняє розвиток фітопланктону й баланс між надходженням і витрачанням кисню змінюється в бік збагачення води киснем.

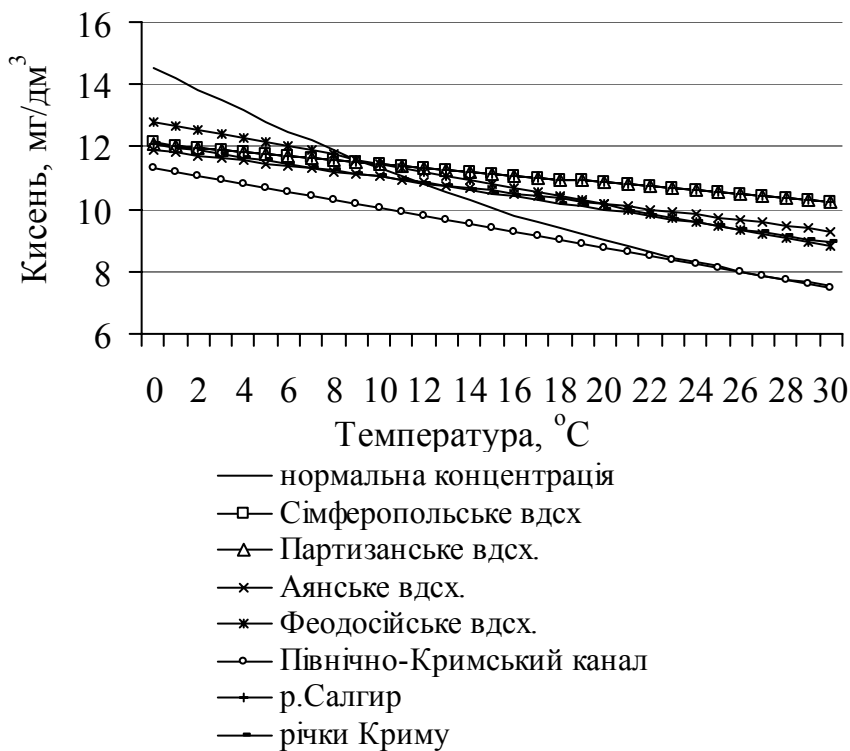


Рис. 19. Залежність вмісту кисню від температури води у водних об'єктах Криму, 1989-2005 рр.

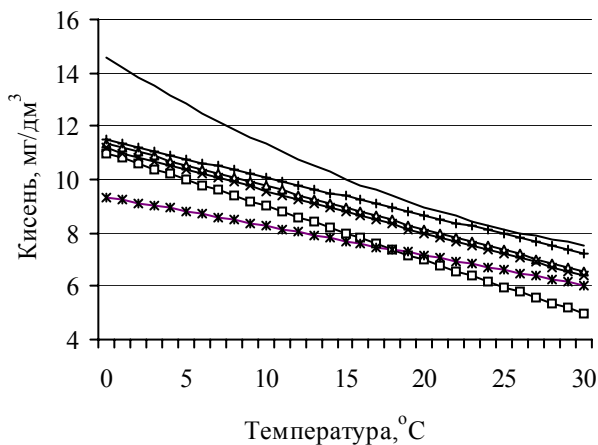
Ступінь насичення води O_2 в цей час значно перевищує 100%, а перехід через точку повного насичення спостерігається при температурі води близько $10^{\circ}C$.

Кисневий режим Північно-Кримського каналу дещо відрізняється від режиму річок і водосховищ Криму. Повне насичення води киснем спостерігається лише при температурі $20^{\circ}C$, що свідчить про значно вищий вміст органічних речовин і витрачання кисню на їхнє окиснення. Якщо середня величина ХСК у кримських водосховищах становить 10-11

мгО/дм³, то у воді Північно-Кримського каналу вона вдвічі вища – 22 мгО/дм³.

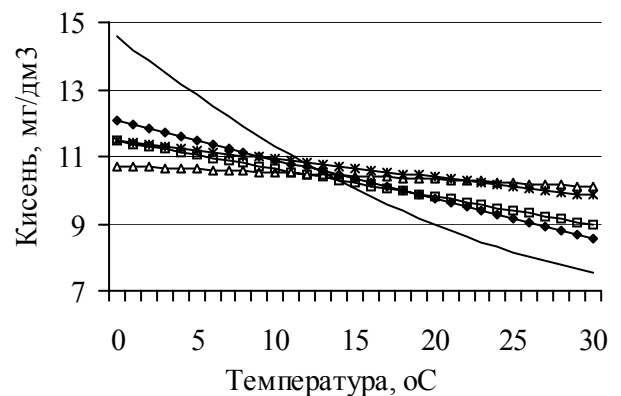
Річки Приазов'я. Аналіз особливостей кисневого режиму річок Приазов'я дозволив виявити два основні типи забезпечення води киснем. Основну групу річок складають такі, де вміст кисню протягом усього діапазону температур нижче нормальних його концентрацій (рис. 20). Це свідчить про недостатню аерацію води і може спричинити уповільнення процесів самоочищення. У річках спостерігається значне витрачання кисню на хімічне й біохімічне окиснення. ХСК води зазначених річок змінюється в діапазоні 28–32 мгО/дм³; води також містять значну кількість солей і сполук азоту.

Найбільш несприятлива ситуація характерна для води річки Булавин, яка приймає стічні води м. Єнакієво, й р. Кальміус, до якої надходять стічні води міст Донецька і Маріуполя. Більш задовільні умови щодо забезпеченості води киснем відзначаються для річок Берда, Молочна, Обитічна, Лозоватка. Недостатнє забезпечення води цих річок киснем у холодний період спричинено протіканням окиснювальних процесів, а з прогріванням води і початком фотосинтезу баланс кисню змінюється у бік його накопичення, відповідно ступінь насичення перевищує 100% (рис. 21). Перехід через 100% насичення спостерігається за температури близько 14°C.



— нормальна концентр. —□— Булавин
 —△— Кальчик —×— Кальміус
 —*— Кринка —+— Міус

Рис. 20. Залежність вмісту кисню від температури води у водах річок Булавин, Кальчик, Кальміус, Кринка, Міус, 1989-2005 рр.



— нормальна концентр.
 —△— Берда
 —◆— Молочна
 —*— Лозоватка
 —□— Обитічна

Рис. 21. Залежність вмісту кисню від температури води у водах річок Берда, Молочна, Лозоватка і Обитічна, 1989-2005 рр.

Басейн Сіверського Дінця. Розглядаючи забезпеченість киснем поверхневих вод басейну Сіверського Дінця, детально зупинимося на стані екосистеми основної річки – Сіверський Донець, у різних частинах басейну якої істотно змінюються умови формування хімічного складу води. На рис. 22 показано отримані нами емпіричні криві залежності $O_2=f(t^\circ\text{C})$, побудовані за даними багаторічних спостережень у пунктах від верхньої частини (с. Огірцеве) до замикаючого створу (с. Кружилівка). Отримані результати свідчать про недостатню забезпеченість води киснем від верхньої до нижньої частини річки протягом усього року, оскільки всі емпіричні криві розташовані нижче лінії нормальних концентрацій. Характерно, що чим далі від витoku, тим нижче розміщена крива відносно лінії 100% насичення.

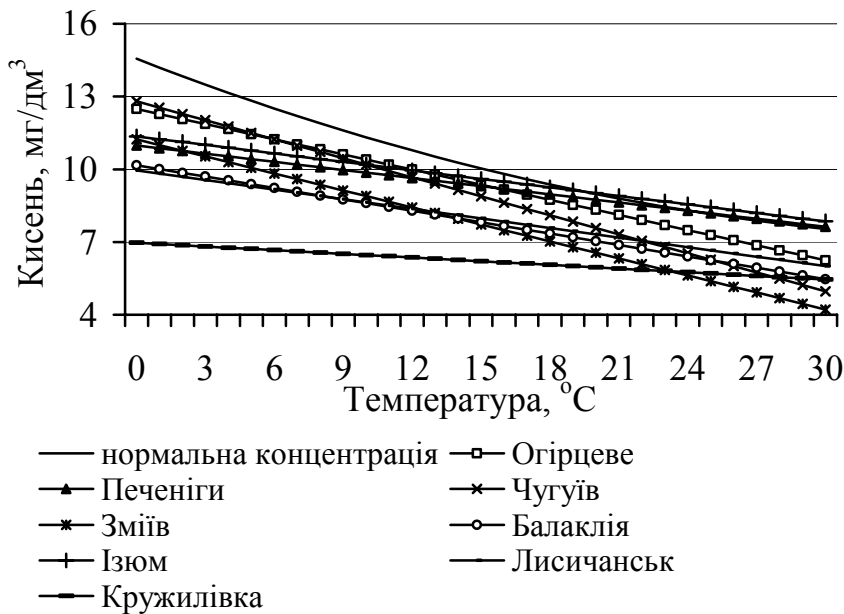


Рис. 22. Залежність вмісту кисню у воді р. Сіверський Донець (від верхнього до нижнього пункту спостереження), 1989-2005 рр.

Вода Сіверського Дінця недостатньо забезпечена киснем унаслідок антропогенного впливу й не встигає відновлювати свою якість вниз за течією за рахунок процесів самоочищення. У літній період відзначаються непоодинокі випадки зменшення вмісту кисню нижче 4 мг/дм³ (відповідно 33-40% насичення).

Отримані результати засвідчили і вкрай незадовільний стан екосистем приток Сіверського Дінця (рис. 23). Емпіричні криві залежності вмісту кисню від температури води річок досліджуваного басейну також розміщені нижче рівноважної кривої. Найбільш несприятливі умови відзначаються для води річок Уди, Бахмут (особливо нижче міста Артемівськ) і Лугань. У літній період вода зазначених річок знаходяться практично на межі втрати самоочисної здатності через

велику кількість стічних вод, що надходять з міст Харків, Артемівськ і Луганськ.

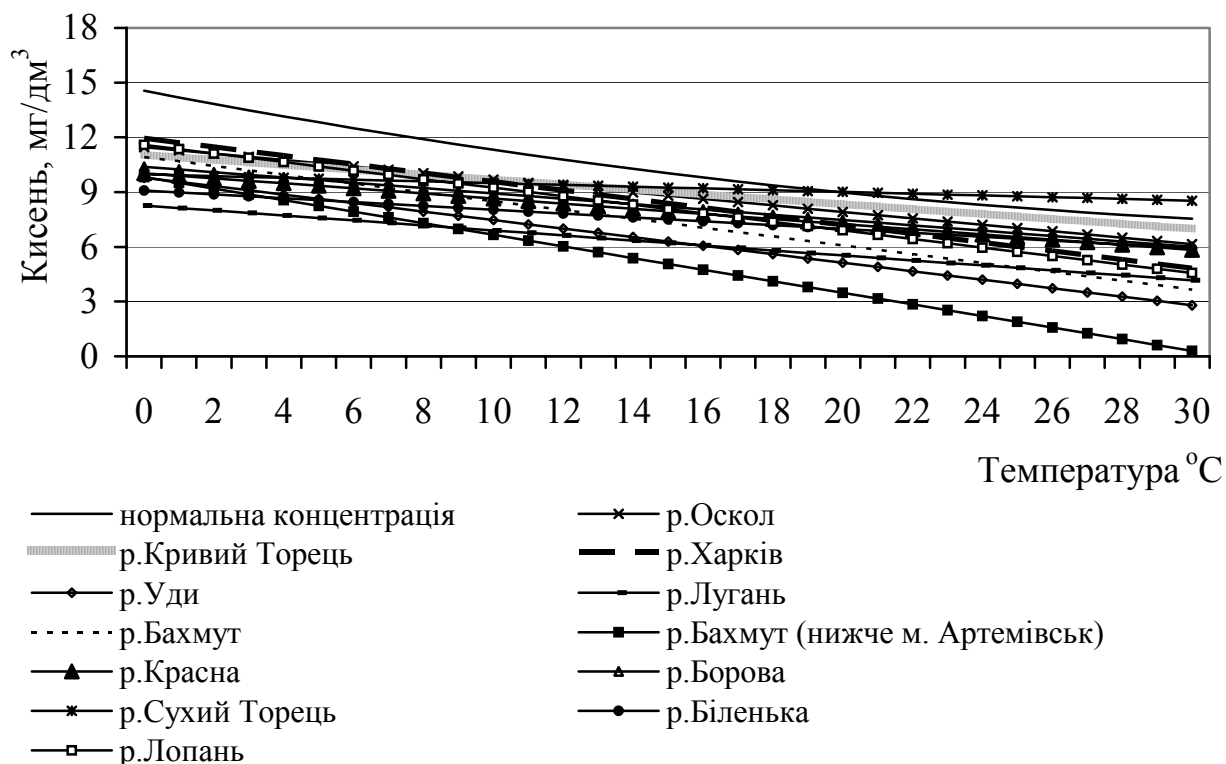


Рис. 23. Залежність вмісту кисню у воді річок басейну Сіверського Дінця, 1989-2005 рр.

Вищенаведені дані свідчать про наявність загальних рис кисневого режиму у всіх водних об'єктах України. Усього можна виділити три основні типи кисневого режиму:

1. Перший тип названий стабільним і характеризується умовами, за яких вміст кисню не залежить від температури води, а крива залежності вказаних параметрів розміщена практично паралельно до осі абсцис (рис. 3). Коливання вмісту кисню протягом року в таких річках не перевищує 0,5 – 1,0 мг/дм³. У холодний період року вміст O₂ у воді менший за той, що відповідає його нормальній розчинності, а в теплий період, навпаки, вода значно перенасичена киснем. Такі умови формування вмісту кисню у воді спостерігається у 4-х річкових басейнах: Дунаю (річки Веча та Черемош), Дністра (річки Дністер, Бистриця Надвірнянська, Бистриця Солотвинська, Лужанка, Свіча, Золота Липа), Дніпра (річки Псел, Десна, Трубіж, Стохід, Ірпінь, Хорол) й Південного Бугу (річки Південний Буг (на відтинку м. Первомайськ – смт Нова Одеса), Інгул, Кодима, Савранка, Синюха, Уманка).

2. Другий тип кисневого режиму найбільш наближений до кривої нормальної розчинності кисню і характеризується розташуванням кривої емпіричної залежності $O_2=f(t^{\circ}C)$, поданому на рис. 24. Цей тип режиму названий нами нормальним. Для зазначеного режиму характерно, що хід емпіричних кривих залежності кисню від температури води практично повторює хід теоретичної кривої нормальної концентрації кисню. Однак у холодний період року вода недонасичена киснем (емпірична крива розміщена нижче за теоретичну), що пояснюється витрачанням газу на перебіг окиснювальних процесів. У теплий період спостерігається незначне перенасичення води O_2 (емпірична крива розміщена вище теоретичної) внаслідок фотосинтезу. Перехід через точку 100% насичення спостерігається здебільшого при температурі $10^{\circ}C$. Чим більший вміст розчинених органічних речовин (за ХСК), тим пізніше спостерігається пересичення води киснем. Вказаний режим спостерігається на більшості річок України.

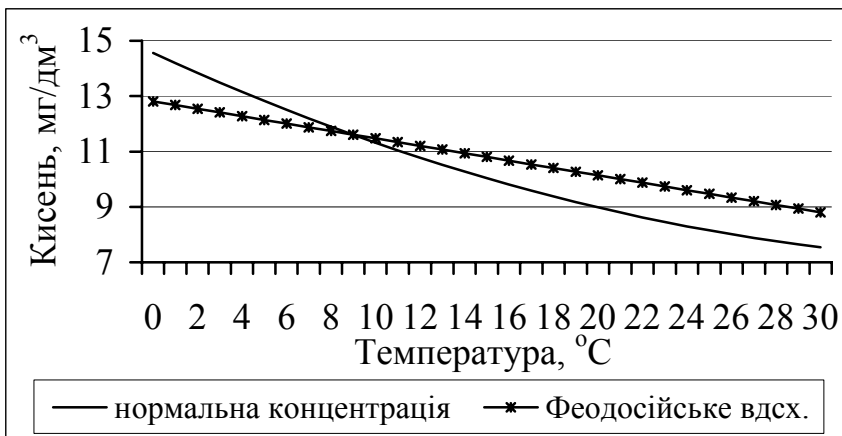


Рис. 24. Приклад другого типу кисневого режиму поверхневих вод України, Феодосійське водосх.

3. Третій тип режиму характеризується недостатнім насиченням води киснем протягом усього року (див. рис. 23), а емпірична крива у всьому діапазоні можливих температур води розміщена нижче кривої нормальної розчинності кисню. Зазначений кисневий режим характеризує збідненість річкових вод киснем та її незадовільний екологічний стан. Він зустрічається у всіх основних річкових басейнах України: у басейні Сіверського Дінця це єдиний тип кисневого режиму річок, басейн Дунаю – нижня частина Дунаю, басейн Дністра – р.Тисмениця, басейн Дніпра – річки Інгулець, Мокра Московка, Сула, Удай, Конка, остер, Каховське водосховище, у басейні Західного Бугу – річка Західний Буг на відтинку м.Буськ – м.Сокаль, р.Полтва, басейн Південного Бугу – річка Південний Буг на відтинку м.Хмельницький – м.Хмельник, річки Бужок, Чорний

Ташлик, водні об'єкти Криму – Північно-Кримський канал; річки Призов'я – Булавин, Кальчик, Кальміус, Кринка, Міус.

Встановлено, що ступінь забруднення води органічними речовинами є важливим чинником впливу на кисневий режим річок. У межах окремих басейнів спостерігається загальна тенденція до збільшення середньої величини ХСК з переходом від рівноважного до нормального кисневого режиму, а потім до режиму недостатнього насичення. Це говорить про те, що ступінь органічного забруднення води є важливим чинником для забезпеченості води розчиненим киснем.

Для річок басейнів Сіверського Дінця, Приазов'я, Південного Бугу вагомим чинником формування кисневого режиму є високі концентрації сполук азоту. Виявлено закономірність переходу кисневих режимів у послідовності рівноважний – нормальний – недостатнього насичення залежно від зростанням концентрацій NH_4^+ .

Висновки

1. Розроблено методологічні підходи для оцінки кисневого режиму та виконано оцінку кисневого режиму поверхневих вод України за період 1989 – 2005 рр.

3. Виділено три основні типи кисневого режиму поверхневих вод України: стабільний, нормальний та недостатнього насичення.

4. Для стабільного кисневого режиму характерно те, що вміст кисню не залежить від температури води, а крива залежності вказаних параметрів розміщена практично паралельно до осі абсцис. Коливання вмісту кисню протягом року в таких річках не перевищує 0,5 – 1,0 мг/дм³. Такий режим спостерігається у 4-х річкових басейнах: Дунаю (річки Веча та Черемош), Дністра (річки Дністер, Бистриця Надвірнянська, Бистриця Солотвинська, Лужанка, Свіча, Золота Липа), Дніпра (річки Псел, Десна, Трубіж, Стохід, Ірпінь, Хорол) й Південного Бугу (річки Південний Буг (на відтинку м. Первомайськ – смт Нова Одеса), Інгул, Кодима, Савранка, Синюха, Уманка).

5. Для нормального кисневого режиму характерним є практичне повторення емпіричними кривими залежності кисню від температури води ходу теоретичної кривої нормальної концентрації кисню. Відмінність полягає у тому, що у холодний період року вода недонасичена киснем, а у теплий період у переважній більшості річок спостерігається незначне перенасичення води O_2 .

6. Режим недостатнього насичення характеризується недонасиченням води киснем протягом усього року, а емпірична крива у

всьому діапазоні можливих температур води розміщена нижче кривої нормальної розчинності кисню. Вказаний режим відзначається у всіх основних річкових басейнах України: у басейні Сіверського Дінця це єдиний тип кисневого режиму річок; басейн Дунаю – нижня частина Дунаю; басейн Дністра – р. Тисмениця; басейн Дніпра – річки Інгулець, Мокра Московка, Сула, Удай, Конка, Остер, Каховське водосховище; у басейні Західного Бугу – річка Західний Буг на відтинку м. Буськ – м. Сокаль, р. Полтва; басейн Південного Бугу – річка Південний Буг на відтинку м. Хмельницький – м. Хмельник, річки Бужок, Чорний Ташлик; водні об'єкти Криму – Північно-Кримський канал; річки Приазов'я – Булавин, Кальчик, Кальміус, Кринка, Міус.

* *

Разработаны методологические подходы и выполнено оценку кислородного режима поверхностных вод Украины. Установлено особенности формирования кислородного режима и выявлено основные факторы, определяющие внутригодовую динамику кислородного режима отдельных рек. Выполнено типизацию поверхностных вод Украины по их кислородному режиму.

* *

1. *Бреховских В.Ф.* Гидрофизические факторы формирования кислородного режима водоемов. – М.: Наука, 1988.– 167 с.
2. *Воронков П.П.* Гидрохимические основания выделения местного стока и способы расчленения его гидрографа // Метеорология и гидрология. - 1963. – №8. - С.21-28.
3. *Воронков П.П.* Формирование химического состава атмосферных вод и влияние его на почвенные растворы и склоновые воды // Труды ГГИ. – Вып.10. – 1963. – С.21-28
4. *Дубняк С.С., Цапліна К.М., Кузько О.О.* Вплив попусків ГЕС на кисневий режим мілководь річкових ділянок водосховищ // Наук. записки. – Серія: біологія. – 2001. – № 4 (15). Спец. вип.: Гідроекологія. – С. 211-212.
5. *Забокрицька М.Р., Осадчий В.І.* Характеристика антропогенного навантаження в басейні р. Західний Буг // Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. – 2003. – Т. 5. – С. 218-225.
6. *Зенин А.А., Белоусова Н.В.* Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 239 с.
7. *Каплин В.Т.* Превращение органических соединений в водоемах // Гидрохимические материалы. – 1967. – Т. 65. – С. 207-225.

8. *Каплин В.Т., Фесенко Н.Г.* Загрязнение и самоочищение водоемов // Гидрохимические материалы. – 1967. – Т. 65. – С. 189-205.
9. *Колесникова Т.Х., Каплин В.Т.* Вопросы самоочищения водных объектов // Тр. IV Всесоюзн. гидролог. съезда „Качество вод и научные основы их охраны”. – Т. 9. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 36-43.
10. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. – С-Пб., Гидрометеиздат, 2001. – 447 с.
11. *Линник П.Н.* Причины ухудшения качества воды в Киевском и Каневском водохранилищах // Химия и технология воды. – 2003. – Т.25, №4. – С. 384-398.
12. *Линник П.Н., Журавлева Л.А., Самойленко В.Н., Набиванец Ю.Б.* Влияние режима эксплуатации на качество воды Днепровских водохранилищ и устьевой области Днепра // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 1. – С. 86-98.
13. *Осадчий В.И.* Основні тенденції формування хімічного складу поверхневих вод України у 1995-1999 рр. // Тр. УкрНИГМИ. – 2001. – Вып. 48. – С. 138-153.
14. *Осадчий В.И.* Многолетняя динамика и внутригодовое распределение растворенного кислорода в поверхностных водах Украины // Матер. Третьої Всеукр. наук. конф. “Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. – К.: Ніка-центр, 2006. – С.122-123.
15. *Осадчий В.И.* Основные тенденции изменения качества поверхностных вод Украины в современный период (1990-2005 гг.) // Матер. Третьої Всеукр. наук. конф. “Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”. – К.: Ніка-центр, 2006. – С.9-11
16. *Рябов А.К., Набиванец Б.И., Арямова Ж.М.* и др. Влияние искусственной аэрации на некоторые гидрохимические показатели качества воды // Гидробиол. журн. – 1972. – Т. 8, № 1. – С. 63-66.
17. *Самойленко В.Н.* Влияние температуры и интенсивность поглощения кислорода иловыми отложениями Днепровско-Бугского лимана // Актуальные вопросы водной экологии: Матер. Всесоюзной конф. молодых ученых. – К: Б.и., 1990. – С. 144-146.
18. *Самойленко В.Н.* Факторы, определяющие обмен кислородом между водоемами и атмосферой (на примере устьевой области Днепра) // Гидробиол. журн. – 24, №4. – 1988. – С.101-104.
19. *Чернявская А.П., Денисова А.И., Бабич И.И.* и др. Химический состав воды Дуная // Водные ресурсы. – Т.20, №4. – 1993. – С.440-446.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*