

Р. Л. Кравчинський

ХАРАКТЕРИСТИКА КИСНЕВОГО РЕЖИМУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ

У роботі розглянуто особливості кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець та визначено основні фактори, що впливають на вміст розчиненого у воді кисню. Здійснено попереднє районування річкового басейну за умовами формування кисневого режиму.

Вступ

У комплексі гідрохімічних досліджень розчинений кисень (РК) є одним з основних показників якості води і стану водних екосистем зокрема. Кисень відіграє вирішальну роль не лише для існування більшої частини водних організмів, але й має дуже важливе значення для перебігу процесів трансформації речовин, що потрапляють у поверхневі води зі стічними водами урбанізованих та промислових територій, а також зі стоками сільськогосподарських комплексів, розміщених на площі водозбору [11].

Концентрація розчиненого кисню в поверхневих водоймах змінюється від 0 до 14 мг/дм³ і зазнає значних сезонних та добових коливань [6].

Надлишкове насичення киснем води може бути результатом фотосинтетичної діяльності рослинних гідробіонтів. Недостатня насиченість свідчить, зокрема, про порушення інтенсивності протікання процесів фотосинтезу і значні витрати кисню на взаємодію з органічною й неорганічною речовиною.

Об'єктом дослідження було обрано поверхневі води басейну р. Інгулець, які є одним з найбільш складних об'єктів у геоecологічному відношенні. Численними дослідженнями доведено, що на екологічний стан гідросфери найсуттєвіше впливають скиди неочищених чи недостатньо очищених стічних вод підприємств і об'єктів гірничовидобувної та переробної промисловості, а також комунально-побутові стоки. Надходження таких вод до поверхневих джерел басейну р. Інгулець зменшує можливість їх використання для питних, побутових та інших потреб.

Наукові дослідження гідрохімічного (а також і кисневого) режиму річки Інгулець розпочалися на початку 50-х років ХХ ст. у зв'язку з проектуванням і будівництвом найбільшої в колишньому Радянському Союзі Інгулецької зрошувальної системи (ІЗС) [2]. Найбільш вагомий внесок у вивчення умов формування кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець здійснили Інститут гідробіології НАН України та Інститут геологічних наук НАН України [2, 3, 4, 5].

Матеріали та методика досліджень

Для досліджень використано дані багаторічних спостережень за забрудненням поверхневих вод (1988-2006 рр.) Державної гідрометеорологічної служби України (ДГМС України), результати моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України (ІГН НАН України) (1996-2008 рр.), а також матеріали низки літературних джерел, які є узагальненням виконаних гідрохімічних робіт ряду наукових організацій та підприємств.

Для характеристики стану кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець було також використано методологічний підхід, розроблений в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (УкрНДГМІ) [10].

Фізична суть даного методологічного підходу базується на основних принципах закону Генрі, що визначає залежність умісту кисню в розчині від парціального тиску в повітрі. За парціального тиску 1 атм. вміст кисню визначатиметься величиною його розчинності, яка тісно пов'язана з температурою води. Ця концентрація називається нормальною і відповідає 100 % насичення. На основі нормальної концентрації кисню від температури води отримано рівняння:

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

Поряд з новим методом вивчення кисневого режиму використано також класичний прийом, який включає посезонний аналіз вихідної гідрохімічної інформації. Такий комплексний підхід дозволяє повною мірою охарактеризувати та відобразити особливості формування кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець у просторі й часі.

Результати досліджень та їх обговорення

Кисневий режим р. Інгулець носить чіткий сезонний і просторовий характер. У внутрішньорічному циклі мінімальні показники вмісту розчиненого у воді кисню, як правило, спостерігаються за максимальних значень температур води (рис. 1).

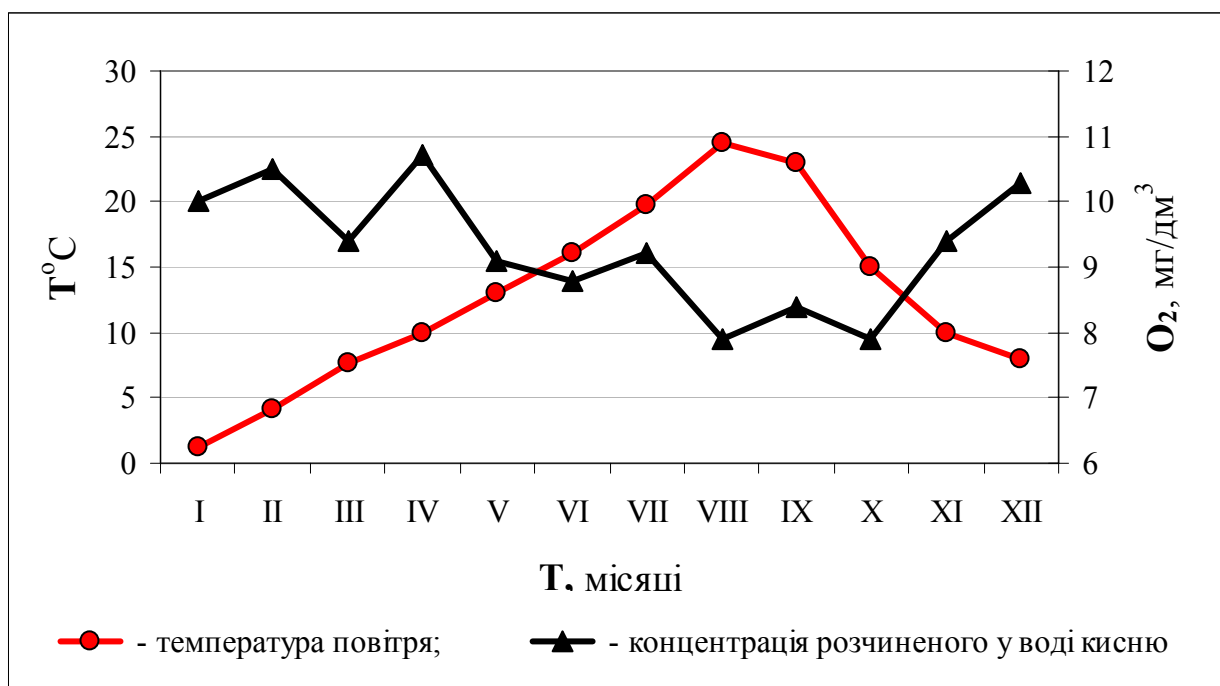


Рис. 1. Характерна внутрішньорічна динаміка кисневого режиму р. Інгулець та річний хід температур повітря (на прикладі гідрохімічного створу м. Кривий Ріг, вище на 1 км), 1990 р.

Вміст розчиненого кисню у воді р. Інгулець у період відкритого русла регулюється процесами газообміну з атмосферою, фотосинтезом, витратами на окиснення розчинених органічних речовин і хімічне окиснення заліза і сполук азоту.

Під час весняної повені середня концентрація кисню у воді річки Інгулець становить 9,4 мг/дм³, змінюючись у межах від 10,5 мг/дм³ (на 1,2 км нижче від с. Садове) до 8,3 мг/дм³ (у межах м. Кривий Ріг).

Середній уміст O₂ у воді р. Інгулець у період літньо-осінньої межени сягає мінімальних значень (близько 7,1 мг/дм³), коливаючись у межах від 7,9 мг/дм³ (на 1 км вище від м. Кривий Ріг) до 6,5 мг/дм³ (на 7 км нижче від м. Кривий Ріг).

У зимовий період кисневий режим поверхневих вод є кращим порівняно з літньо-осінньою меженню. Середні показники РК (рис. 2)

сягають значень, що характерні для періоду весняної повені і становлять $9,2 \text{ мг/дм}^3$, коливаючись у межах від $11,0 \text{ мг/дм}^3$ (на 1,2 км нижче від села Садове) до $8,1 \text{ мг/дм}^3$ (у межах м. Кривий Ріг).

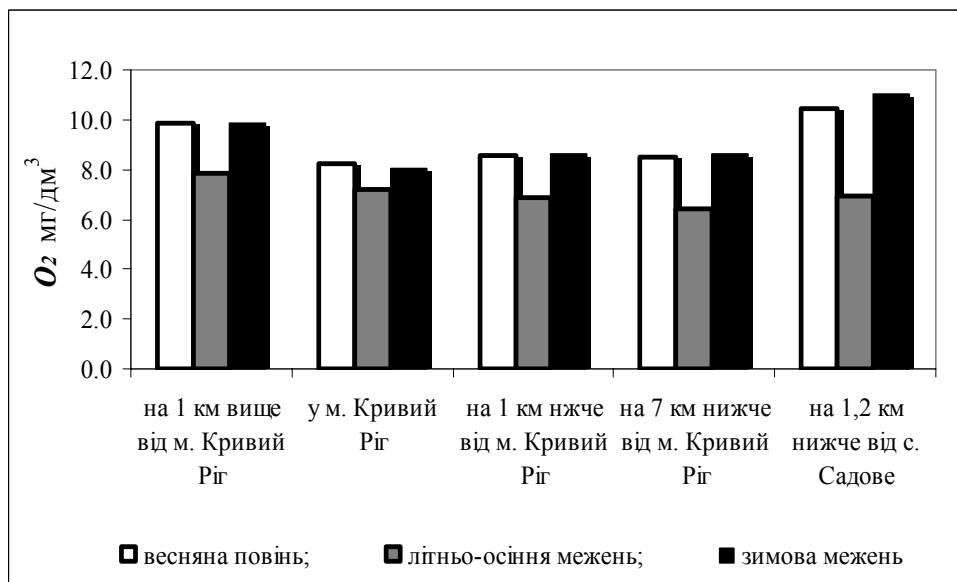


Рис. 2. Сезонний розподіл середніх значень умісту розчиненого кисню (O_2 , мг/дм^3) у воді р. Інгулець по довжині за багаторічний період (1988-2008 рр.)

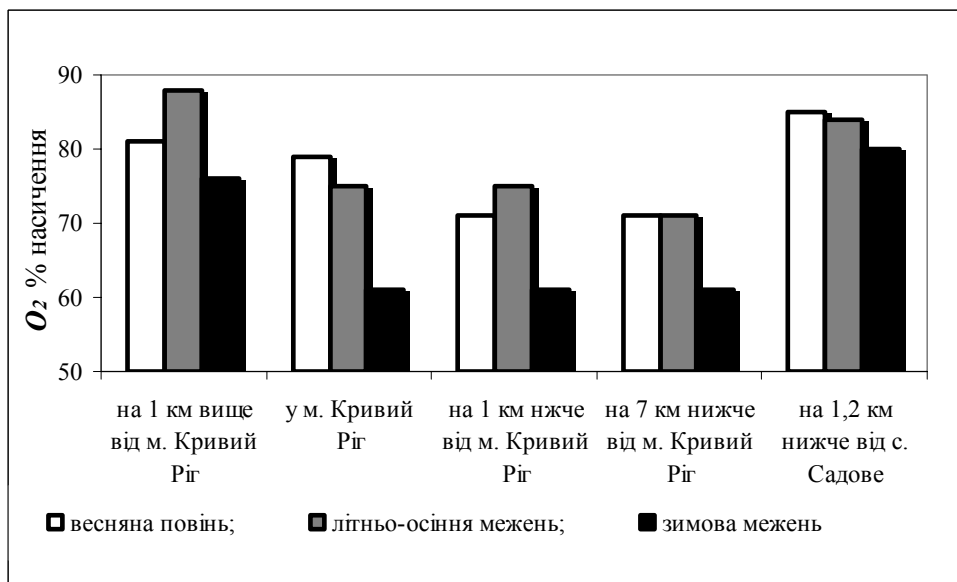


Рис. 3. Середні показники просторового розподілу відносного вмісту кисню (O_2 % насычення) у воді р. Інгулець у різні сезони за багаторічний період (1988-2008 рр.)

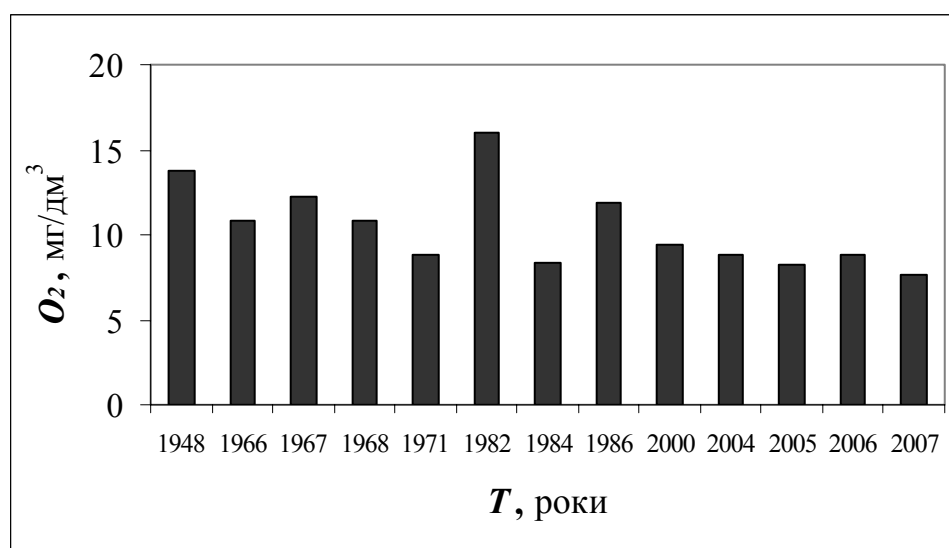
Під час характеризування просторового розподілу відносного вмісту кисню у воді р. Інгулець у різні сезони також виділяється ділянка в межах

Криворізького ТВК (у межах м. Кривий Ріг, на 1 км та на 7 км нижче від м. Кривий Ріг), що характеризується переважанням мінімальних річних значень O_2 % насичення (рис. 3).

У межах Карачунівського водосховища кисневий режим має свої особливості й залежить не лише від вищенаведених чинників, а й від низки орографічних та гідрографічних особливостей.

Концентрація розчиненого кисню руслових водойм визначається його споживанням водною товщею на окиснення органічної речовини та донними відкладами й умовами його продукції фітопланктоном і водоростями в результаті фотосинтезу [12].

Так, в окремі роки середньорічні показники РК у воді Карачунівського водосховища сягають значень, характерних для нижньої течії р. Інгулець, а інколи й перевищують їх (рис. 4). Кисневий режим у нижній течії р. Інгулець помітно відрізняється від решти частин річки.



Примітки:

1948-2000 – дані НДІ біології Дніпропетровського національного університету [8]

2004-2007 – результати моніторингових досліджень ІГН НАН України

Рис. 4. Багаторічна динаміка середньорічного вмісту розчиненого кисню у воді Карачунівського водосховища

У створі гідрохімічного поста, що на 1,2 км. нижче від с. Садове, динаміка вмісту кисню у воді характеризується в останні роки циклічним характером і визначається в основному притоком дніпровських вод.

Особливості динаміки вмісту розчиненого кисню у воді пригирлової ділянки р. Інгулець (на 1,2 км нижче від с. Садове) за багаторічний період (рис. 5) показують, що закономірним залишається мінімальний вміст

кисню в літній період (6,97 мг/дм³). Так, під час літньо-осінньої межени 1988 року вміст кисню у воді пригирлової ділянки досягав критично мінімальної концентрації (4,0-4,3 мг/дм³), що могло б призвести до масової загибелі риб. У період зимової межени середнє багаторічне значення вмісту кисню у воді становить 11,0 мг/дм³, а в період весняної повені дещо зменшується до 10,5 мг/дм³.

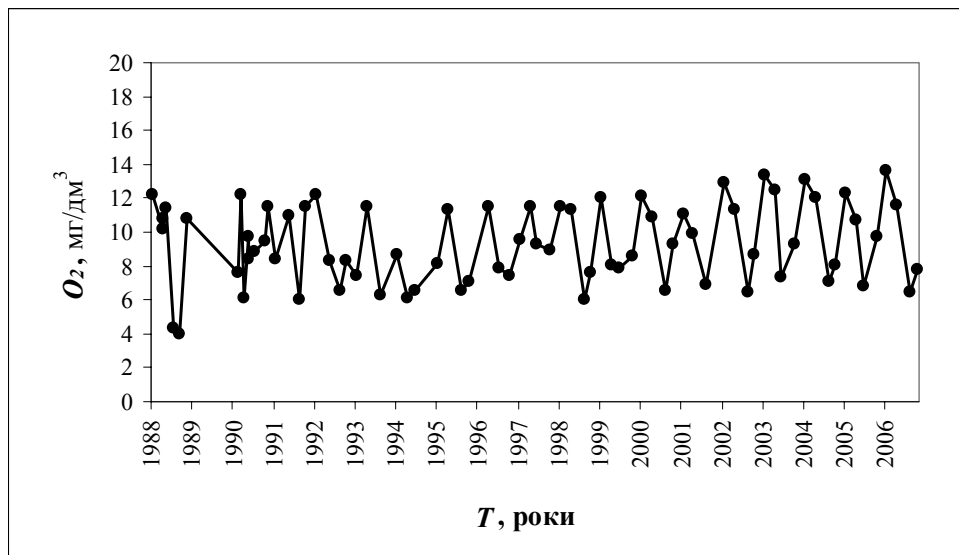


Рис. 5. Графік зміни вмісту розчиненого кисню у воді гирлової частини річки Інгулець (на 1,2 км нижче від с. Садове) за багаторічний період (1988-2006 рр.)

У внутрішньорічному відношенні мінімальні значення вмісту кисню у воді р. Інгулець спостерігаються в період літньо-осінньої межени (у середньому 7,23 мг/дм³). Як показують подальші дослідження, концентрація розчиненого кисню в холодний період року вища в зв'язку з підвищенням його розчинності. Тому середній багаторічний показник умісту розчиненого кисню у воді в період зимової межени дещо вищий (9,24 мг/дм³). На час проходження весняного водопілля середнє значення кисню у воді р. Інгулець становить 9,15 мг/дм³.

Побудовані емпіричні криві залежності вмісту кисню від температури розміщені нижче нормальної кривої розчинності кисню, що свідчить про незадовільне забезпечення киснем води протягом усього року (рис. 6).

Повільна течія і значна звивистість річки в нижній течії зумовили утворення застійних ділянок, що поряд з мілководністю сприяє доброму прогріванню води в теплу пору року. Внаслідок цього тут активно протікають процеси фотосинтезу як фітопланктону, так і вищої водної

рослинності, що досить розвинута на берегах. Насиченість води киснем у теплі місяці року часто досягає 120-150 % (16-20 мг/дм³). Зазвичай вона коливається в межах 70-100 % (7-11 мг/дм³), лише інколи зменшуючись до 40-50 % (4-6 мг/дм³) [2].

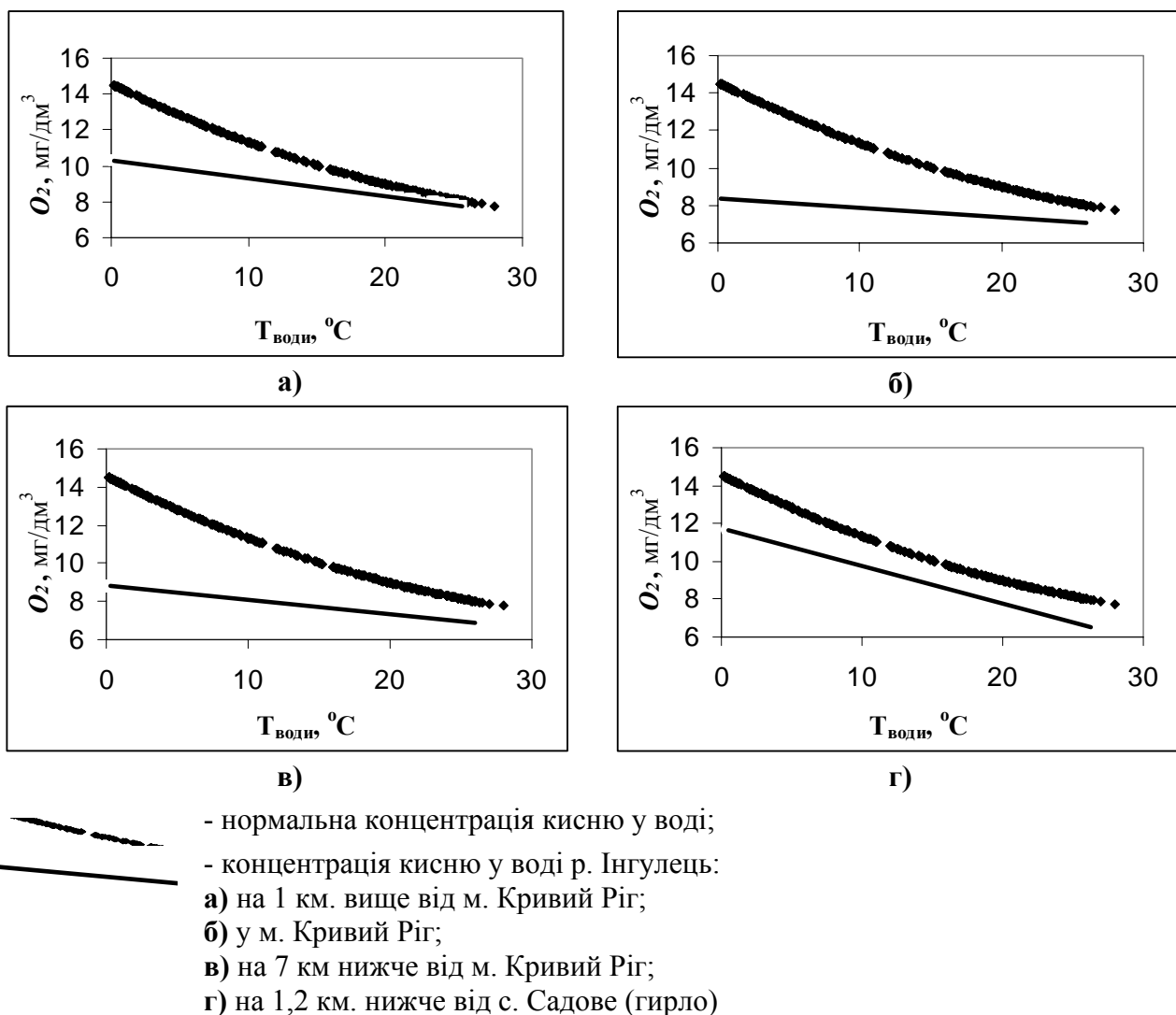


Рис. 6. Залежність вмісту кисню від температури води в р. Інгулець (1988-2008 рр.)

Результати досліджень останніх років показали, що в створі гідрологічного поста с. Калініське спостерігається часте перенасичення води киснем, а емпірична крива залежності вмісту кисню від температури більшою мірою розміщена вище нормальної кривої розчинності кисню (рис. 7).

Домінуючим фактором у формуванні кисневого режиму основних приток р. Інгулець є природний чинник. Винятком є р. Саксагань,

хімічний склад води якої значною мірою залежить від постійного антропогенного навантаження [3, 4, 5].

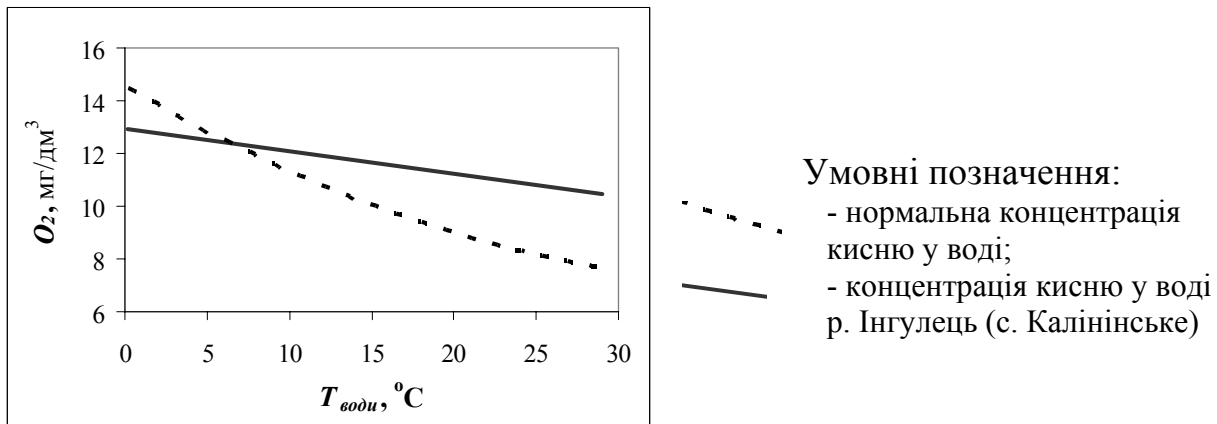


Рис. 7. Залежність умісту кисню від температури води р. Інгулець у селі Калінінське за результатами спостережень 2007 року

Обробка та інтерпретація даних спостережень ДГМС України 1988-1989 рр. показують, що значення вмісту розчиненого кисню у воді річки Саксагань коливаються в межах 10,2-7,7 мг/дм³ (рис. 8).

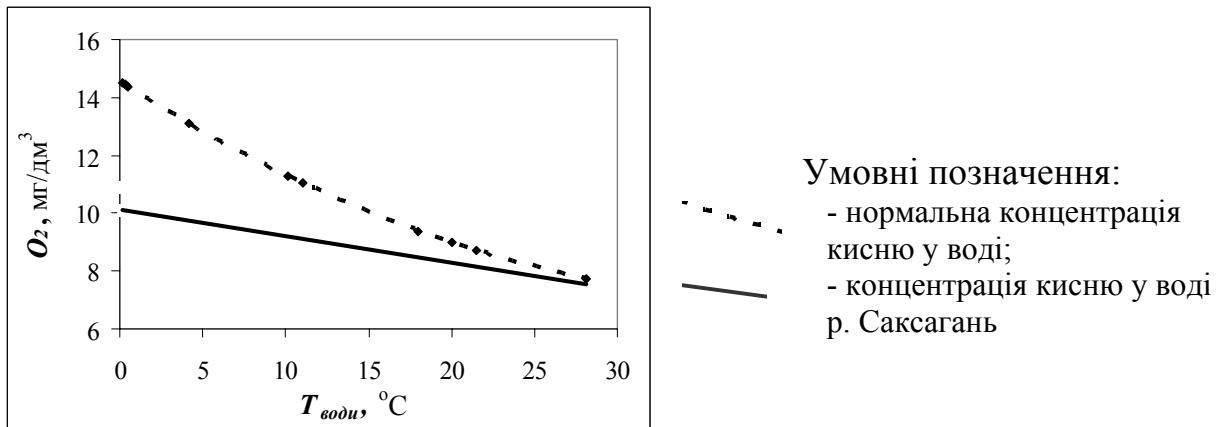


Рис. 8. Залежність умісту кисню від температури води р. Саксагань у місті Кривий Ріг, на 0,5 км вище від гирла (1988-1989 рр.)

Як видно з рисунка, емпірична крива залежності вмісту кисню у воді р. Саксагань від температури розміщена наближено до нормальної кривої розчинності кисню. Проаналізувавши дані сучасних гідрохімічних досліджень низки наукових організацій та установ, зазначимо, що за весь період спостережень фактично не було зафіксовано ні дефіциту кисню, ні перенасичення ним води р. Саксагань.

За даними останніх досліджень [3, 5], у літній стабілізаційний період уміст кисню у воді цієї річки коливається в межах від 14,7 мг/дм³ (Макортівське водосховище) до 9,0 мг/дм³ у районі скидів стічних вод підприємств Кривбасу (с. Веселі Терни).

Кисневий режим решти приток р. Інгулець формується під переважним впливом низки природних факторів (орографічних, гідрологічних та біологічних особливостей).

Середні багаторічні показники кисневого режиму основних приток р. Інгулець (табл. 1.) характеризуються подібністю окремих показників. Проте, незважаючи на постійний антропогенний вплив, кисневий режим р. Саксагань є найбільш сприятливим.

Таблиця 1

Середні багаторічні показники кисневого режиму основних приток
р. Інгулець

Показники Річка	O ₂ , мг/дм ³	O ₂ , % насичення	БСК ₅ , мгO ₂ /дм ³	ХСК, мгO/дм ³
р. Саксагань	8,7	78,9	8,1	38,5
р. Зелена	8,2	85,3	-	32,0
р. Жовта	8,5	75,5	10,2	40,6
р. Бокова	9,1	74,2	8,4	-
р. Боковенька	8,9	73,4	9,3	-
р. Вісунь	9,2	-	-	45,2

Висновки

Результати гідрохімічних досліджень поверхневих вод басейну річки Інгулець свідчать про незадовільний екологічний стан значної частини гідроекосистеми, що пов'язано зі значним антропогенним навантаженням, викликаним скиданням забруднених стічних вод підприємств гірничо-видобувної промисловості Криворізького залізорудного басейну та низкою природних чинників.

Слід відзначити несприятливий кисневий режим у р. Інгулець, який з року в рік залишається на одному й тому ж самому рівні. Ступінь кисневого насичення не перевищує в середньому 80-85 %, що є прямим

доказом забруднення води речовинами, на окиснення яких він активно витрачається.

Дослідження показують, що вміст кисню у воді верхньої та нижньої ділянки р. Інгулець значно відрізняються від тих ділянок річки, що піддаються впливу стічних промислових та комунально-побутових вод Криворізького ТВК. Причому така тенденція зберігається як під час скидів стічних вод, так і коли їх немає. Це дає змогу попередньо виділити кілька зон, які характеризуються подібністю умов формування кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець:

перша зона – верхів'я басейну (включає також Карачунівське водосховище та верхню і середню течію р. Саксагань), що характеризується відносно добрим кисневим режимом;

друга зона охоплює частину гідросфери, що розміщена в межах Криворізького залізорудного басейну, і характеризується незадовільними гідрохімічними показниками впродовж усього року;

третя зона – нижня течія, де кисневий режим є оптимальним впродовж року і формується під впливом низки природних чинників та притоку дніпровських вод по системі «антиріка»;

четверта зона охоплює більшу частину невеликих річок середньої і нижньої частини басейну та р. Інгулець на відрізку с. Архангельське – смт Снігурівка. Тут основним чинником, що впливає на формування РК у поверхневих водах, є гідробіологічні процеси, активність яких на застійних річкових ділянках часто призводить до перенасичення води киснем.

* *

1. *Алексин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. *Алмазов А.М., Денисова А.И., Майстренко Ю.Г., Нахшина Е.П.* Гидрохимия Днепра, его водохранилищ и притоков. – К.: Наук. думка, 1967. – С. 243-246.
3. *Багрій І.Д., Блінов П.В., Белокопитова Н.А. та ін.* Геоecологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. – К.: Фенікс, 2002. – 190 с.
4. *Багрій І.Д., Білоус А.М., Вилку Ю.Г., Гожик П.Ф.* Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська. – К.: Фенікс, 2000 – 107 с.
5. *Багрій І.Д., Гожик П.Ф. та ін.* Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення. – К.: Фенікс, 2005. – 213 с.

6. Екологічна енциклопедія (в 3 томах) / Гол. редактор *А.В.Толстоухов*. – К.: Центр екол. освіти та інформації, 2008. – Т. 3. – 415 с.
7. *Лаврик В.І., Скуратівська І.А.* Математичне моделювання та оцінка впливу площі водозбору на кисневий режим водних екосистем в умовах їх евтрофікації // Біологія та екологія. – 2006. – Т. 54. – С. 46-50.
8. *Мурзина Т.А., Дворецький А.И.* Экологическое состояние реки Ингулец // Вопросы химии и химической технологии. – 2002. – № 5. – С. 238-241.
9. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 351 с.
10. *Осадчий В.І., Осадча Н.М.* Кисневий режим поверхневих вод України // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 265-285.
11. *Пелешенко В.І., Хільчевський В.К.* Загальна гідрохімія. – К.: Либідь, 1997. – 384 с.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Вип. 2. Среднее и Нижнее Поднепровье / Под ред. *Каганера М.С.* – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 654 с.

Институт геологічних наук НАН України, Київ

Р.Л. Кравчинский

Характеристика кислородного режима поверхностных вод бассейна р. Ингулец

В работе рассмотрены особенности кислородного режима поверхностных вод бассейна р. Ингулец и показаны основные факторы, которые влияют на содержание в воде растворимого кислорода. Осуществлено предварительное районирование речного бассейна по условиям формирования кислородного режима.

R.L. Kravchinskiy

The characteristics of oxygen regime in surface-water of the Ingulets river basin

The features of oxygen mode the surface water of the Ingulets river basin are discussed in this article. It's also shown the major factors which influence on concentration the soluble oxygen in water. It is carried out the preliminary districting the river basin on the terms of forming the oxygen mode.