

Speciation of aluminium in water of the Kiliya delta of the Danube River

Zhezherya V.A., Linnik P.N.

Results of investigations of aluminium coexisting forms in water of Kiliya delta of Danube River are considered. It is established, that aluminium migrates mainly in composition of the suspended substances (96,4-99,2 %). The dissolved aluminium is found out mainly in the form of complex compounds with dissolved organic matter of the various chemical nature among which complexes with humic substances are dominated. The share of these complexes reaches 52,2-93,5 %. Presence of aluminium toxic forms is improbable because of its finding in the bounded state in structure of the suspended substances and complex compounds with organic substances.

Keywords: *Kiliya delta of Danube River; aluminium; species; suspension; dissolved organic matter.*

Надійшла до редколегії 07.02.11

УДК [556.531.5 : 627.8] (282.247.31)

Гуляєва О.О.

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

РОЛЬ ДНІСТРОВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА У ФОРМУВАННІ КИСНЕВОГО РЕЖИМУ РІЧКИ

Ключові слова: *Дністровський гідровузел; кисневий режим; буферне водосховище*

Вступ. Кисневий режим – це інтегральний показник функціонування екосистеми водного об'єкту, оскільки він визначається балансом біологічних продукційно-деструкційних та окислювальних процесів. Вміст розчиненого кисню у воді є ключовим показником стану екосистеми та якості води будь-якої водойми.

Зарегулювання річки призводить до зміни в ній гідрофізичних, гідродинамічних та гідрохімічних процесів, в результаті чого з'являється загроза дефіциту розчиненого у воді кисню та порушуються умови функціонування гідробіонтів. Так, внаслідок будівництва в середній течії Дністра в районі м. Новодністровська крупного гідровузла, який включає три водосховища та три гідроспоруди, кисневий режим цієї частини річки зазнав істотних змін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші гідрохімічні дослідження Дністровського водосховища проводилися у період його заповнення в 1983-1987 рр. В цей час активно проходили процеси, пов'язані з розкладанням рослинного та ґрунтового покриву затопленої території. При цьому спостерігалось утворення анаеробних зон в придонних шарах води, оскільки кисень витрачався на окислення органічних речовин [1]. Крім того, ситуацію значно загострив прорив у 1983 році шламонакопичувача Стебниківського калійного комбінату. В пригреблевій ділянці, куди потрапила і залягла основна маса солей, було зафіксовано відсутність кисню [2].

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.1(22)

Подальші дослідження кисневого режиму водних об'єктів Дністровського гідровузла наведені у матеріалах багаторічного моніторингу та епізодичних натурних спостережень [3-5].

Постановка завдання. Метою роботи є оцінка та аналіз впливу функціонування Дністровського комплексного гідровузла (ГЕС-1, ГЕС-2, ГАЕС) на кисневий режим його водних об'єктів. ГЕС-1 та ГЕС-2 споруджено ще у 1983 і 1988 роках відповідно. ГАЕС на сьогодні знаходиться на стадії будівництва. В 2009 році введено в експлуатацію лише один з семи її гідроагрегатів. В літературі зазначено, що одним із висновків, щодо екологічних наслідків реалізації проекту її спорудження, є збільшення концентрації кисню у буферному водосховищі [6]. Нажаль, кількісні показники цього поліпшення не наводяться.

Виклад основного матеріалу досліджень. До водних об'єктів Дністровського гідровузла належать: Дністровське та буферне водосховища і верхня водойма ГАЕС (рис. 1).

Вміст розчиненого кисню у водних масах Дністровського водосховища має сезонні особливості. Він у поверхневих шарах змінюється в межах від

3,5 до 16 мг/дм³ [3, 5]. Найбільші його значення впродовж року спостерігаються взимку та навесні. Найменші – в кінці вегетаційного періоду, коли активно відбуваються деструкційні процеси.

В літній період, який зазвичай характеризується підвищеною концентрацією розчиненого у воді кисню, також може виникати його дефіцит на ділянках впадіння приток та в місцях, де відбувається розвантаження річкового потоку від завислих наносів. Крім того, влітку низькі концентрації розчиненого у воді кисню притаманні й придонним шарам пригреблевої ділянки. Це пов'язано з розшаруванням водних мас та утворенням

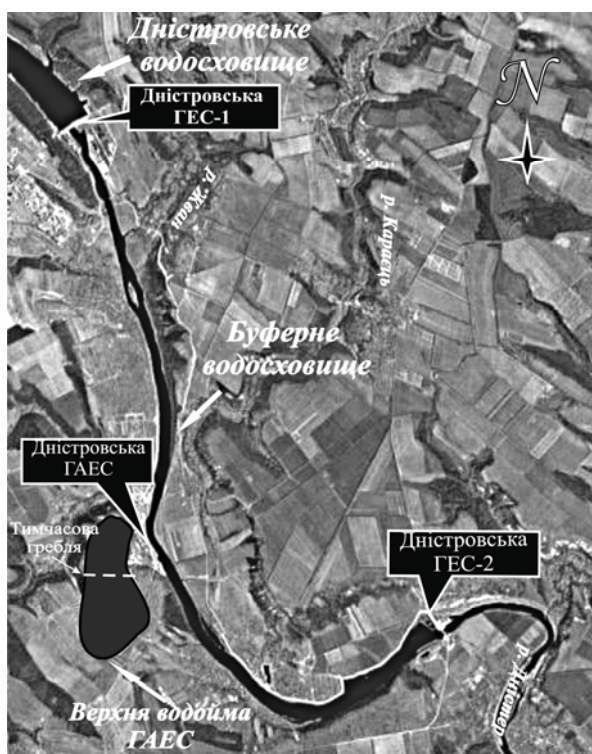


Рис. 1. Схема Дністровського гідровузла

термоклин. Наявність останнього-го може мати серйозні наслідки для водойми, оскільки термоклин знижує інтенсивність обміну речовинами між поверхневими та придонними шарами та зменшує надходження кисню в глибинні шари.

Значний вплив на вертикальний розподіл кисню та температури у Дністровському водосховищі в літній період мають стокові течії. При збільшенні швидкості течії порушується притаманна для даного періоду температурна стратифікація – змінюється розміщення та потужність термоклину. Відбувається також перерозподіл розчиненого кисню. Так, при проходженні катастрофічного паводку 2008 року, концентрація кисню в

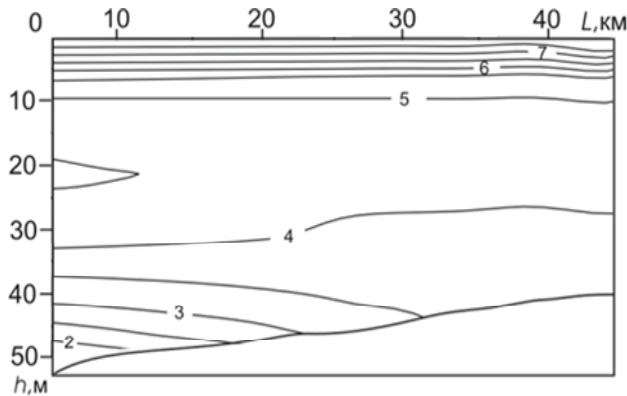


Рис. 2. Розподіл кисню у воді Дністровського водосховища під час паводку в липні 2008 р.: L – відстань від греблі, цифри біля ліній – концентрація кисню, мг/дм^3

поверхневому шарі становила $7,7 \text{ мг/дм}^3$, а у придонному варіювала в межах $1,8 - 3,6 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 2) [7]. При тому, що за звичайних умов вміст розчиненого кисню в поверхневому шарі води сягає 13 мг/дм^3 , а в придонному наближається до 0 мг/дм^3 [3, 5]. Оскільки водозабірні отвори Дністровської ГЕС-1 знаходяться на глибині $27 - 43 \text{ м}$, у буферне водосховище в більшості випадків потрапляє вода з малим вмістом розчиненого кисню та низькою температурою.

Визначальну роль у формуванні кисневого режиму буферного водосховища відіграють гідродинамічні та теплові фактори, за рахунок яких відбувається атмосферна аерація водних мас. Останню оцінюють рівнянням, яке описує процес абсорбції газу без урахування хімічних реакцій та за відсутності інших джерел кисню [8]:

$$\Delta C = (C_s - C_0)(1 - 10^{-k_a t}). \quad (1)$$

В ньому: ΔC – зміна концентрації кисню протягом заданого проміжку часу (t , доба) за рахунок атмосферної аерації, $\text{мг/дм}^3 \cdot \text{доба}$; C_s – концентрація насичення води киснем, мг/дм^3 ; C_0 – вихідна концентрація кисню, мг/дм^3 ; k_a – коефіцієнт аерації, доба^{-1} .

Коефіцієнт аерації k_a визначається емпіричним рівнянням [9]:

$$k_a = 1,024^{T-20} (0,067wh^{-1} + 1,6u^{0,5}h^{-1,5}), \quad (2)$$

яке враховує температуру водного середовища (T , $^{\circ}\text{C}$), швидкість вітру (w , м/с), глибину водойми (h , м) та швидкість течії (u , м/с).

Нами було визначено вплив об'єктів Дністровського гідровузла на кисневий режим буферного водосховища при чотирьох крайніх комбінаціях режимів їх роботи:

- 1) при роботі двох гідроелектростанцій (ГЕС-1, ГЕС-2);
- 2) в періоди зупинки гідроагрегатів ГЕС-1;

3) при роботі всіх трьох гідроелектростанцій (ГЕС-1, ГЕС-2, ГАЕС в турбінному режимі);

4) при зупинці ГЕС-1, роботі ГЕС-2 та ГАЕС у насосному режимі.

У перших двох варіантах було прийнято, що ГАЕС ще не введена в експлуатацію (глибина буферного водосховища становить 5,3 м). При цьому ГЕС-1 працює чотири години, а ГЕС-2 безперервно, забезпечуючи рівномірний скид у пониззя річки.

У **першому варіанті**, швидкість стокової течії в буферному водосховищі складає від 0,6 до 2,4 м/с. Найбільші значення спостерігаються біля греблі ГЕС-1 і поступово зменшуються у бік ГЕС-2. В таких умовах, коефіцієнт аерації по довжині водойми (при $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$) зменшується від 0,31 до 0,17. При збільшенні температури водної маси коефіцієнт аерації зростає: при $T=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ він становить $0,19 < k_a < 0,34$. За вихідної концентрації кисню C_0 в нижньому б'єфі ГЕС-1 рівної 1 мг/дм^3 водні маси біля греблі ГЕС-2 насичуються до 2 мг/дм^3 . При більшому C_0 насичення киснем на акваторії буферної водойми менш активне (рис. 3 а).

У **другому варіанті** внаслідок зупинки ГЕС-1, спостерігаються значно менші швидкості течії ($0,03 < u < 0,29\text{ м/с}$). Це призводить до послаблення атмосферної аерації ($0,05 < k_a < 0,09$). Але завдяки більшій тривалості даного процесу, за таких умов, концентрація кисню у воді біля ГЕС-2 може досягати $4,7 - 6,2\text{ мг/дм}^3$ (рис. 3 б). Слід зазначити, що найбільше насичення киснем водних мас відбувається у верхній частині буферного водосховища.

Взагалі, чим більше об'єм попуску і відповідно швидкість потоку, тим відстань, яку проходить елементарний об'єм води до моменту повного насичення киснем також більша. Вищевказана залежність відмічалася й раніше [10]. Було відзначено, що на відстані 200 м від греблі ГЕС-2 найменший вміст кисню спостерігався під час високих рівнів та великих попусків.

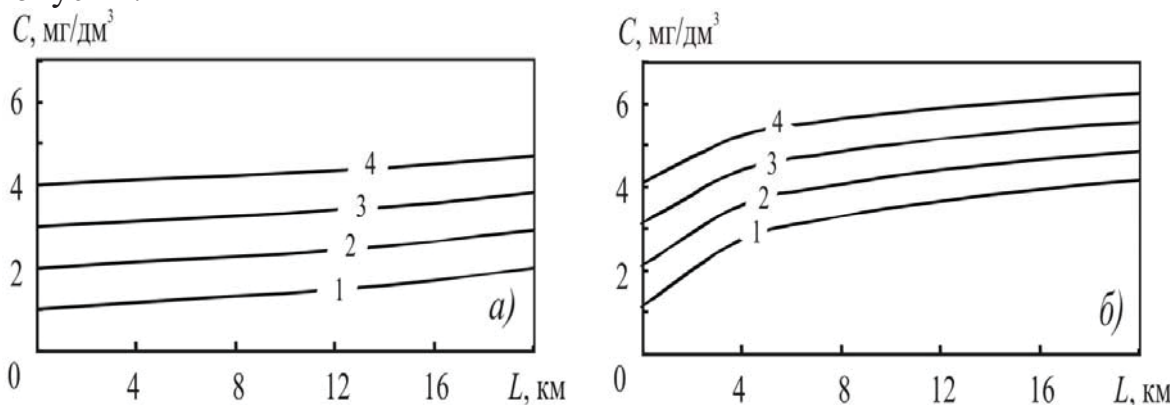


Рис. 3. Концентрація кисню у воді по довжині буферного водосховища при роботі двох гідроелектростанцій ГЕС-1 та ГЕС-2 (а) та однієї ГЕС-2 (б), при $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тут і на рис. 4: L – відстань від греблі ГЕС-1; цифри біля ліній – вихідна концентрація C_0

Експлуатація ГАЕС впливає на внутрішньоводоймову динаміку буферного водосховища, зокрема на інтенсивність течій. Так, при роботі

гідроакумулюючої станції у турбінному режимі синхронно з ГЕС-1 та ГЕС-2 відбувається активізація водних мас і зростання швидкості течії. Найбільші її значення спостерігаються в нижньому б'єфі греблі ГЕС-1 та на ділянці водойми біля ГАЕС і складають в середньому 1,5 та 2,1 м/с відповідно. Різке зниження швидкості до 0,2 м/с відбувається на відстані 6 км від греблі ГЕС-1. Це виникає в результаті одночасних скидів ГЕС-1 та ГАЕС, внаслідок яких в буферній водоймі спостерігаються прямі та зворотні течії. На цій ділянці відбувається помітне збільшення концентрації розчиненого кисню. Це проходить за рахунок надходження вод верхньої водойми ГАЕС, які мають вищі значення цього показника в порівнянні з водними масами Дністровського водосховища. Припустимо, що ця різниця концентрації кисню між ними складатиме $\Delta C = 2 \text{ мг/дм}^3$. При таких вихідних умовах, в **третьому варіанті**, зміна значень вмісту кисню по довжині буферного водосховища матиме вигляд, зображений на графіку (рис. 4). У порівнянні з першим варіантом спостерігається покращення кисневого режиму в середній та нижній течіях водойми. Біля греблі ГЕС-2 концентрація кисню, навіть при екстремальних початкових умовах ($C_0 = 1 \text{ мг/дм}^3$), досягне $3,4 \text{ мг/дм}^3$. Отже експлуатація ГАЕС в турбінному режимі в системі гідровузла призводить до збільшення концентрації кисню в буферній водоймі.

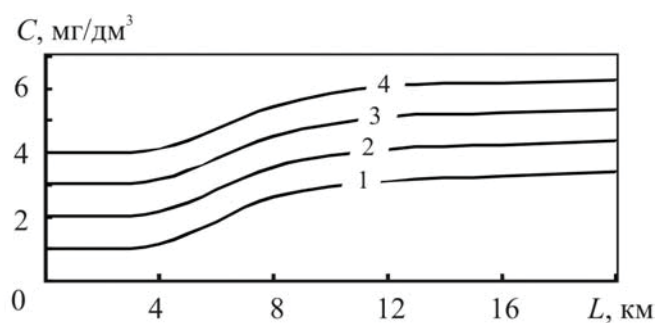


Рис. 4. Концентрації кисню у воді буферного водосховища при роботі ГЕС-1, ГЕС-2 та ГАЕС в турбінному режимі

Синхронна експлуатація ГЕС-2 та ГАЕС в насосному режимі (при **четвертому варіанті**) кардинально не змінює розподіл концентрації кисню по довжині буферного водосховища. Після того, як ГАЕС припиняє свою роботу, продовжує працювати ГЕС-2, яка сприяє насиченню киснем водних мас буферного водосховища,

аналогічно як в другому варіанті (див. рис. 3б).

ГЕС-2 активізує процеси аерації води на річковій ділянці нижче греблі. На відстані 20 км концентрація кисню може збільшитись на 2-3 мг/дм³. Це пояснюється тим, що ГЕС-2 скидає невеликі об'єми води і при менших глибинах, тут складаються більш сприятливі умови для процесу насичення води киснем.

Узагальнюючи вплив Дністровського гідровузла при різних умовах його експлуатації на кисневий режим водних мас, приведемо результати розрахунків середньої швидкості течії, коефіцієнту аерації та зміни концентрації кисню у буферному водосховищі при $C_0 = 1 \text{ мг/дм}^3$ (табл.).

Таблиця. Коефіцієнт атмосферної аерації та збільшення концентрації кисню (ΔC) у буферному водосховищі при різних режимах роботи Дністровського гідровузла

Варіанти режимів роботи гідровузла	Середня швидкість течії, м/с	Коефіцієнт аерації (доба ⁻¹) при різній температурі води		Збільшення концентрації кисню (ΔC), мг/дм ³	
		10 °С	15 °С	10 °С	15 °С
1	1,49	0,24	0,28	1,0	0,9
2	0,16	0,07	0,08	3,0	2,6
3	1,41	0,12	0,13	1,1	0,9
4	1,09	0,17	0,19	3,0	2,5

З таблиці видно, що, незважаючи на значну швидкість течії та високий коефіцієнт аерації, при роботі ГЕС-1 та ГЕС-2 (перший варіант) і ГЕС-1, ГАЕС в турбінному режимі та ГЕС-2 (третій варіант) зміна концентрації кисню в три рази менша в порівнянні з варіантами, які включають роботу лише ГЕС-2 (другий) і ГЕС-2 та ГАЕС в насосному режимі (четвертий).

На основі отриманих результатів можна зробити **висновок**, що робота гідроелектростанцій відіграє важливу позитивну роль у процесах насичення води киснем. Внаслідок виникнення підвищених швидкостей течії відбувається активізація процесів аерації і концентрація кисню досягає рівня, який вже не представляє загрози для життя гідробіонтів та покращує самоочисну здатність потоку.

Список літератури

1. Гидробиологический режим Днестра и его водоемов / [Л.А.Сиренко, Н.Ю. Евтушенко, Ф.Я Комаровский и др.]; отв. ред. Л. П. Брагинский. – К. : Наук. думка, 1992. – 356 с.
2. Никаноров А.М. Восстановление пресноводных экосистем после сильного солевого загрязнения / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалю, Л.С. Косменко и др. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 96 с.
3. Экологическое состояние реки Днестр / [Л.В.Шевцова, А.К. Алиев, О.А Кузько. и др.]. – К., 1998 – 148 с.
4. Ромась І. М. Дослідження гідрохімічної обстановки у поверхневих водах та вплив на неї водосховищ Дністровських ГЕС і ГАЕС / І.М. Ромась, О.Г. Лисиченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т.10. – С. 81–88.
5. Гідрохімічний довідник : поверхневі води України, гідрохімічні розрахунки, методи аналізу / [В.І. Осадчий, Б.Й. Набиванець, Н.М. Осадча, Ю.Б. Набиванець]. – К. : Ніка-Центр, 2008. – 656 с.
6. Шевцова Л.В. Гидробиологическая оценка по национальной и международной системам ОВОС влияния Днестровской гидроаккумулирующей электростанции на водные экосистемы реки / Л.В. Шевцова // Матеріали між. конф. «Управление бассейном трансграничной реки Днестр и Водная Рамочная Директива Европейского союза» (Кишинев, 2–3 окт. 2008 г.). – К. : Eco-Tiras, 2008. – С. 288–290.
7. Гуляева О.О. Деякі еколого-гідрологічні прояви паводка 2008 р. на Дністровському водосховищі / О.О.Гуляева, Н.С.Лукашенко // Матеріали ІІ Укр. еколог. конгресу «Пріоритети збалансованого (сталого) розвитку України» (Київ, 27–28 жовт. 2008 р.). – К. : ЦЕОІ, 2008. – Ч. 2. – С. 46–50.
8. Бреховских В.Ф. Гидрофизические факторы формирования кислородного режима водоемов / В.Ф. Бреховских. – М. : Наука, 1988. – 168 с.
9. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М. Тимченко. – К. : Наук. думка, 2006. – 384 с.
10. Анализ изменчивости химического состава днестровских вод в створе с. Наславча / [Н. Горячева, В. Гладкий, Г. Дука и др.]. // Матеріали між. конф «Управление бассейном трансграничной реки Днестр и Водная Рамочная Директива Европейского союза» (Кишинев, 2–3 октября 2008 г.). – К. : Eco-Tiras, 2008. – С. 111–115.

Роль Дністровського гідровузла у формуванні кисневого режиму річки

Гуляєва О.О.

Розглянуто вплив створення Дністровського гідровузла на кисневий режим середньої течії річки. Встановлено, що режим його роботи позитивно впливає на якість води буферного водосховища і річкової ділянки нижче греблі ГЕС-2.

Ключові слова: Дністровський гідровузел; кисневий режим; буферне водосховище.

Роль Днестровского гидроузла в формировании кислородного режима реки

Гуляева О.А.

Рассмотрено влияние создания Днестровского гидроузла на кислородный режим среднего течения реки. Было установлено, что режим его работы позитивно влияет на качество воды буферного водохранилища и речного участка ниже ГЕС-2.

Ключевые слова: Днестровский гидроузел; кислородный режим; буферное водохранилище.

Role of the Dniester hydroelectric complex in oxygen regime formation of river

Huliaieva O.A.

Influence of the Dniester hydroelectric complex construction on oxygen regime of middle current has been considered. It has been established that its regime has positive influence on equalizing reservoir quality water and river part below HEPS-2.

Keywords: the Dniester hydroelectric complex; oxygen regime; the equalizing reservoir.

Надійшла до редколегії 04.02.11

УДК 541.64

**Безугла Т.М., Куцевол Н.В., Савицький В.М., Безуглий М.Ю.,
Грищенко Л.М.**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВИДАЛЕННЯ ЙОНІВ МІДІ ПРИ ФЛОКУЛЯЦІЇ ВОДНИХ Cu^{2+} - ВМІСНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДИСПЕРСІЙ В ПРИСУТНОСТІ РОЗГАЛУЖЕНИХ ПОЛІАКРИЛАМІДІВ

Ключові слова: стічні води; іони важких металів; полімерні флокулянти; розгалужені поліакриламід.

Актуальність проблеми. Технологія очищення промислових стічних вод з високим вмістом зважених речовин включає стадії відстоювання і фільтрування [1]. В більшості випадків ці стадії ускладнені високою полідисперсністю твердої фази та значною кількістю малих за розміром часточок. Відомо, що час осідання зависей з часточками мікронного (та менше) розміру може сягати тижнів, місяців і, навіть, років. Щоб збільшити розмір часточок і тим самим прискорити осідання завислих речовин-забруднювачів або забезпечити можливість ефективної фільтрації і видалення твердої фази з водного середовища, використовують процеси коагуляції/флокуляції, при яких дрібні часточки утворюють агрегати.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.1(22)