

Прогнозування мінералізації та вмісту головних іонів у воді водойми хвостосховища Північного гірничо-збагачувального комбінату (Кривбас)

Шерстюк Н.П.

Розглянуті основні принципи складання гідрохімічного прогнозу техногенних водойм на основі рівнянь водно-солевого балансу. Складений прогноз вмісту головних іонів та мінералізації у воді ставка хвостосховища Північного гірничо-збагачувального комбінату.

Ключові слова: хвостосховище; техногенні води; змішування; гідрохімічний баланс; мінералізація; головні іони.

Прогнозирование минерализации и содержания главных ионов в воде водоема хвостохранилища Северного горно-обогатительного комбината (Кривбас)

Шерстюк Н.П.

Рассмотрены основные принципы составления гидрохимического прогноза техногенных водоемов на основе уравнений водно-солевого баланса. Составлен прогноз содержания главных ионов и минерализации в воде пруда хвостохранилища Северного горно-обогатительного комбината.

Ключевые слова: хвостохранилище; техногенные воды; смешивание; гидрохимический баланс; минерализация; главные ионы.

Prognostication of mineralization and maintenance of main ions is in water of pond of repository of waste water of the North mining-concentration combine (Cryvbas)

Sherstyuk N.P.

Basic principles of drafting of hydrochemical prognosis of technogenic reservoirs are considered on the basis of equalizations of water-salt balance. The prognosis of maintenance of main ions and mineralization is made in water of pond of repository of waste water a of the North mining-concentration combine.

Keywords: repository of waste water; technogenic waters; mixing; hydrochemical balance; mineralization; main ions.

Надійшла до редколегії 17.01.11

УДК [(574.64:556.114)+546.62](28)

Жежеря В.А., Линник П.М.

Институт гидробиологии НАН Украины, м. Київ

СПВІСНУЮЧІ ФОРМИ АЛЮМІНІУ У ВОДІ КИЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ

Ключові слова: Килійська дельта Дунаю; алюміній; форми знаходження; зависть; органічні речовини

Постановка та актуальність проблеми. В поверхневих водах Al(III) знаходиться в розчиненій, колоїдній і завислій формах. Міграційна здатність цього металу, як і багатьох інших, залежить від форми знаходження у воді. Якщо переважає зависла форма, то можна стверджувати про незначну міграційну здатність алюмінію та практично повну відсутність його впливу

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

на різні водні організми. Знаходження Al(III) у розчиненій формі істотно збільшує його рухливість. До зазначеної форми відносять органічний мономерний, неорганічний мономерний і полімерний Al(III). До складу органічного мономерного Al(III) входять змішанолігандні гумат-фосфатні комплекси і комплексні сполуки з гумусовими речовинами (ГР), оксикарбоновими кислотами і іншими розчиненими органічними речовинами (РОР).

Неорганічний мономерний Al(III) включає аквакомплекси $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, гідроксокомплекси $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ і комплексні сполуки з фторид-, сульфат-, фосфат- і силікат-іонами. Полімерний алюміній може існувати лише за високих значень його вмісту у воді ($n \cdot 10^{-3}$ г/дм³), в результаті чого утворюються сполуки з різним ступенем полімеризації $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$, $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}^{5+}$, $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}^{7+}$ і деякі інші [30, 31].

До поверхневих водойм алюміній надходить в результаті вилуговування гірських порід і глин, з атмосферними опадами і кислотними дощами, з ґрунтів водозбірної площі та з стічними водами підприємств гірничорудного, хіміко-фармацевтичного, лакофарбового, паперового, текстильного і інших виробництв [8, 14, 32]. Атмосферні опади здатні не лише закислювати поверхневі водойми, але й бути джерелом надходження до них різних металів [14]. В атмосферних опадах концентрація Al(III) знаходиться в широкому інтервалі значень – від 0,2 до 6250,0 мкг/дм³, причому переважну частку складає зависла форма, що свідчить про визначальну роль еолових переносів у його міграції [16, 19, 24, 27]. Доволі високі концентрації алюмінію в атмосферних і шахтних водах промислових регіонів [24]. В стічних водах підприємств кольорової металургії алюміній переважає в розчиненій формі, тоді як у стічних водах підприємств гірничо-видобувної та гірничо-переробної промисловості – у завислій [20, 22, 25]. Концентрація Al(III) в цих техногенно змінених водах досягає 990,0–1836,0 мкг/дм³ [10, 25]. У дуже закислених шахтних водах вміст розчиненого алюмінію може досягати 90 мг/дм³ [33]. У стічних водах алюмінієвих комбінатів і підприємств з виробництва спирту і фенолу вона становить 800–1000 мг/дм³ [15]. Al(III) може потрапляти до водних об'єктів з стічними водами, що мають лужне середовище, бо в них він знаходиться у розчиненому стані у вигляді іонів $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ [6].

Токсичність Al(III) залежить від форми його знаходження у воді. До найтоксичніших сполук відносяться аквакомплекси $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ і гідроксокомплекси $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ і $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, існування яких можливе при рН 4,5–5,5. Завдяки утворенню комплексних сполук з неорганічними (фторид-, фосфат-, сульфат-і силікат-іонами) і органічними (переважно з фульвокислотами (ФК) і гуміновими кислотами (ГК)) лігандами токсичний вплив алюмінію на живі організми істотно знижується. Серед водяних організмів найчутливіші до токсичного впливу Al(III) риби, у яких спостерігається порушення осморегуляторного балансу та дихання, зумовлене коагуляцією слизи і полімеризацією алюмінію на зябрах [33, 34]. У водних рослин через токсичність Al(III) спостерігається порушення поділу

клітин і надходження до них іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , а також обміну фосфору у їхніх тканинах. Найстійкіші до токсичного впливу Al(III) бактерії та гриби ґрунтів, оскільки здатні до нормального функціонування навіть за високих значень його концентрації (10 і 150 мг/дм^3 відповідно) [33]. Значне надходження Al(III) до організму людини, зокрема з питною водою, призводить до порушення функцій нервової системи і мінерального обміну речовин та анемії [8].

За санітарно-гігієнічними нормами концентрація Al(III) не повинна перевищувати 500 мкг/дм^3 , а за рибогосподарськими – 36 мкг/дм^3 (у перерахунку на вміст вільних іонів Al^{3+}) [1]. Всесвітньою організацією охорони здоров'я вміст Al(III) у питній воді лімітується на рівні 200 мкг/дм^3 , а рекомендована концентрація становить 50 мкг/дм^3 [29].

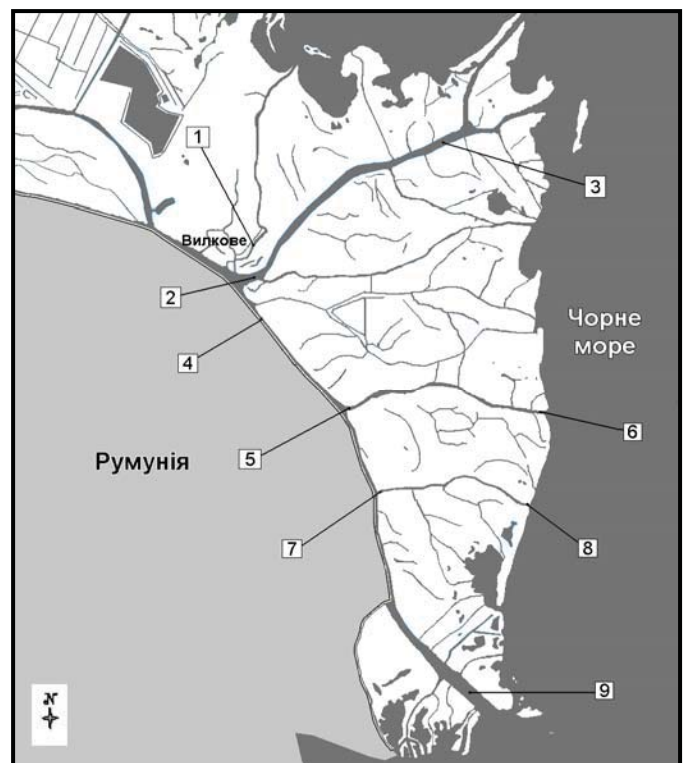
Тканини і органи риб по-різному накопичують алюміній. Нирки, кісткова тканина, печінка – це місця локалізації і найбільшої його акумуляції в тілі риб [22]. Раніше вважалось, що лише розчинений алюміній здатний до накопичення тканинами риб, але згодом було встановлено роль завислої форми цього металу в його акумуляції зябрами [21].

Оскільки різні форми Al(III) характеризуються різною токсичністю і міграційною здатністю, то їхнє вивчення у поверхневих водах допомагає з'ясувати потенційну токсичність цього металу для водних організмів та шляхи його міграції і розподілу між абіотичними компонентами водних об'єктів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження співіснуючих форм Al(III) у воді Килійської дельти Дунаю охоплювали переважно її рукави. Відбір проб води з поверхневого шару (~0,5 м) здійснювався восени 2009р. та протягом весняно-осіннього періоду 2010 р. на зазначених нижче станціях (рис. 1).

Рис. 1. Карта-схема Килійської дельти Дунаю.

- Станції відбору проб води:
- 1 – Білгородський рукав (м. Вилкове),
 - 2 – Очаківський рукав (17-й км),
 - 3 – Очаківський рукав (3-й км),
 - 4 – Старостамбульський рукав (витік),
 - 5 – рукав Бистрий (витік),
 - 6 – рукав Бистрий (гирло),
 - 7 – рукав Восточний (витік),
 - 8 – рукав Восточний (гирло),
 - 9 – Старостамбульський рукав (гирло).



Завислі речовини відокремлювали пропусканням проб води (0,5–1,0 дм³) через мембранні фільтри “Synpro” (Чехія) з діаметром пор 0,4 мкм. Масу зависі визначали за різницею між масою фільтру із зависсю, висушеного при кімнатній температурі, та масою самого фільтра.

Концентрацію Al(III) визначали фотометрично з використанням реагента хромазурулу S [23]. Вміст алюмінію у складі зависі знаходили після “мокрого спалювання” фільтрів із зависсю в суміші концентрованих кислот градації “х. ч.” (відповідно 2,0 см³ HNO₃ і 1,0 см³ H₂SO₄) [2]. Концентрацію розчинного Al(III) визначали після фотохімічної деструкції POP. Для цього проби води об’ємом 20,0 см³ у кварцових склянках підкислювали концентрованою H₂SO₄ до рН 1,0–1,5, додавали до них по 2–3 краплі 30%-ного розчину H₂O₂ і опромінювали УФ-світлом (ртутно-кварцова лампа ДРТ-1000) протягом 2,5 год.

Розподіл Al(III) між комплексними сполуками з органічними речовинами різної хімічної природи вивчали методом іонообмінної хроматографії з використанням целюлозних іонітів [17]. Пробу фільтрованої води об’ємом 0,5–1,0 дм³ послідовно пропускали через скляні колонки, одну з яких було заповнено діетиламіноетилцелюлозою (ДЕАЕ-целюлозою), а другу – карбоксиметилцелюлозою (КМ-целюлозою), зі швидкістю 1,0 см³/хв. Внаслідок такого розділення POP отримували кислотну або аніонну, оснóвну або катіонну і нейтральну фракції. Аніонна фракція містить у своєму складі переважно ГР, катіонна – головним чином білковоподібні речовини (БПР), а нейтральна – в основному вуглеводи. Молекулярно-масовий розподіл комплексних сполук алюмінію з POP аніонної фракції досліджували методом гель-хроматографії з використанням скляної колонки, заповненої TSK-гелем HW-50F (Японія) [17]. Концентрацію алюмінію у складі комплексних сполук з POP різної хімічної природи та у кожній фракції після гель-хроматографічного розділення POP аніонної групи визначали після фотохімічного окиснення POP, як зазначено вище.

Результати досліджень та їх обговорення. У рукавах Килійської дельти Дунаю загальна концентрація Al(III) коливалась в широких межах – від 137,0 до 5219,0 мкг/дм³. В усі досліджувані пори року домінувала зависла форма Al(III), концентрація якої становила 113,6–5208,0 мкг/дм³, тоді як вміст розчиненої форми Al(III), навпаки, був на один або два порядки величин нижчий і знаходився в межах 3,3–201,0 мкг/дм³ (табл.).

Вода української ділянки Дунаю характеризується високими показниками каламутності і, відповідно, вмісту завислих речовин (в середньому 140–150 мг/дм³, але в окремі періоди може досягати 500–1500 мг/дм³) [26]. Через це значна частина важких металів переноситься у складі зависі, седиментація якої за умов уповільнення течії призводить до самоочищення дунайської води та зниження її токсичності що було встановлено шляхом біотестування [28]. В рукавах Килійської дельти Дунаю зниження каламутності води зумовлюється уповільненням течії порівняно з основним руслом та осіданням через це крупнозернистих завислих речовин. Водночас відомо, що дрібнозернисті частинки містять у своєму складі значно більше металів. Напевно це стосується й алюмінію.

Таблиця. Вміст завислих речовин і різних форм алюмінію у воді Килійської дельти Дунаю

Сезон	m зависі, мг/дм ³	Al _{заг} , мкг/дм ³	Al _{зав}		Al _{роз}	
			мкг/дм ³	% Al _{заг}	мкг/дм ³	% Al _{заг}
Весна	$\frac{3,3-66,9}{43,7}$	$\frac{451,0-5219,0}{2989,0}$	$\frac{435,0-5208,0}{2963,8}$	99,2	$\frac{11,0-44,0}{25,2}$	0,8
Літо	$\frac{35,1-204,1}{72,0}$	$\frac{691,0-3864,0}{1623,0}$	$\frac{679,0-3663,0}{1574,0}$	97,0	$\frac{3,3-201,0}{49,0}$	3,0
Осінь	$\frac{4,8-118,8}{25,3}$	$\frac{137,0-2816,5}{925,0}$	$\frac{113,6-2804,0}{892,0}$	96,4	$\frac{12,5-89,0}{33,0}$	3,6

Примітка: над рискою – граничні величини концентрації, під рискою – середні значення. Al_{заг} – загальний алюміній, Al_{зав} – завислий алюміній, Al_{роз} – розчинний алюміній.

Високі концентрації Al(III) у завислій формі пояснюються превалюванням мінеральних речовин у складі зависі, частка яких досягає 95–98% [26]. Саме це і слід вважати важливим чинником його міграції в завислій формі. Під час досліджень маса завислих речовин в рукавах Килійської дельти Дунаю змінювалася в межах від 3,3 до 204,0 мг/дм³ (див. табл.). Між масою зависі і вмістом Al(III) у її складі виявлено лінійну залежність. Величини кореляційного зв'язку при його значущості 0,01 навесні, влітку і восени становили відповідно 0,86, 0,97 і 0,95. Характерно, що Al(III) переноситься у складі зависі більшістю річкових вод [7, 11].

У розчинному стані Al(III) знаходився у вигляді комплексних сполук з РОР, серед яких домінували комплекси з аніонною фракцією, тобто з ГР. Частка цих комплексів змінювалася посезонно і коливалась в межах 52,2–93,5% (рис. 2). Відносний вміст комплексних сполук Al(III) з БПР і вуглеводами не перевищував відповідно 18,8 і 29,0%.

Концентрація ГР у воді Килійській дельти Дунаю, за даними [18] не висока (близько 8,6 мг/дм³), але, незважаючи на це, серед комплексних сполук Al(III) з РОР домінували його комплекси саме з цією групою РОР. У висококольорових водах річок басейну Прип'яті комплексні сполуки Al(III) з аніонною фракцією РОР також домінують. Їхня частка коливається в межах 71,0–86,0% за набагато вищих значень концентрацій ФК і ГК (відповідно 22,5–65,6 і 0,9–6,3 мг/дм³) [3–5]. Отже, можна стверджувати, що ГР навіть за порівняно низьких величин їхньої концентрації у воді відіграють основну роль у зв'язуванні Al(III) в комплекси. Цілком очевидно, що якби ці концентрації були більшими, то і розчинного алюмінію у воді Килійської дельти Дунаю було б набагато більше. Можна також пересвідчитися у тому, що частка аніонних комплексів алюмінію найбільша влітку і значно знижується восени (див. рис. 2).

Опосередкований показник вмісту ГР у поверхневих водах – це значення кольоровості води, які для Килійської дельти Дунаю восени не перевищували 6–9° Сr-Co-шкали. Взагалі, значення кольоровості дунайської води змінюються в межах 2–53° [9], тоді як для річок басейну Прип'яті вони набагато вищі і досягають влітку і восени відповідно 143–213° і 24–159° Сr-

Со-шкали. Низькі значення кольоровості дунайської води – це вагоме підтвердження незначного вмісту в ній ГР, що характерне в цілому для водних об'єктів півдня України.

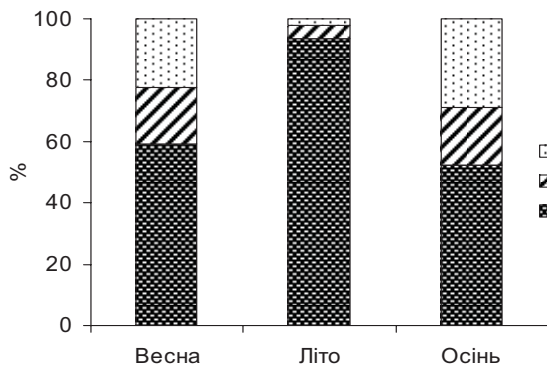


Рис. 2. Розподіл Al(III) серед комплексних сполук з РОР різної хімічної природи у воді Килійської дельти Дунаю: А – аніонні, К – катіонні, Н – нейтральні комплекси.

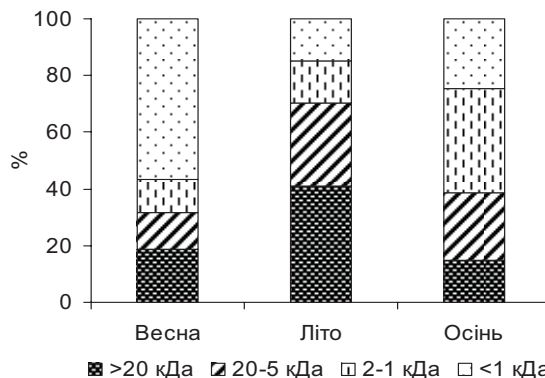


Рис. 3. Розподіл Al(III) серед комплексних сполук з РОР аніонної фракції, що мають різну молекулярну масу, у воді Килійської дельти Дунаю.

Серед комплексів Al(III) з РОР аніонної природи домінують сполуки з молекулярною масою, що не перевищує 2,0 кДа. Навесні і восени їхня частка становила відповідно 68,3 і 61,4%. Водночас, влітку вона не перевищувала 29,6% (рис. 3). Можливо, проявляються деякі сезонні зміни у складі ГР. Однак це лише припущення, оскільки ГР у воді Дунаю майже не досліджувалися і, відповідно, не вивчався їхній молекулярно-масовий розподіл. Не слід виключати й активізації розвитку біологічної складової у цей період, зокрема фітопланктону, та можливого споживання водоростями низькомолекулярних фракцій ГР. Домінування ж аніонних комплексних сполук Al(III) з молекулярною масою $\leq 2,0$ кДа характерне і для багатьох інших водних об'єктів, що досліджувалися нами [12, 13, 17].

Висновки. У воді Килійської дельти Дунаю Al(III) мігрує переважно у завислій формі, частка якої становить 96,4–99,2%. Між масою зависі і вмістом Al(III) у її складі наявна лінійна залежність із значенням коефіцієнта кореляції 0,86–0,97. Розчинна форма Al(III) – це комплекси з РОР різної хімічної природи, серед яких домінують аніонні сполуки. Частка зазначених комплексів досягає 52,2–93,5%. Отже, це дає підставу стверджувати, що саме ГР відіграють основну роль у міграції Al(III) у розчиненому стані. Наявність токсичних форм Al(III) у воді Килійської дельти Дунаю маловірогідна, оскільки цей метал входить до кристалічних ґраток мінералів і міститься в органічних комплексних сполуках, завдяки чому його доступність для гідробіонтів знижується. Не сприяє появі токсичних гідроксокомплексів алюмінію і рН дунайської води. В той же час відомо, що дрібнозерниста завись негативно впливає на процес дихання у риб, а комплексні сполуки Al(III) з молекулярною масою $< 2,0$ кДа здатні надходити до клітин живих організмів, зумовлюючи біоаккумуляцію алюмінію. Однак ці питання потребують проведення спеціальних досліджень за участю фахівців-гідробіологів.

Список літератури

1. *Алтунин В.С.* Контроль качества воды: справочник / В.С. Алтунин, Т.М. Белавцева. – М. : Колос, 1993. – 367 с.
2. *Бок Р.* Методы разложения в аналитической химии / Под ред. А.И. Бусева и Н.В. Трофимова. – М. : Химия, 1984. – 432 с.
3. *Васильчук Т.А.* Компонентный состав растворенных органических веществ некоторых притоков р. Днепр и его взаимосвязь с развитием планктонных водорослей / Т.А. Васильчук, П.Д. Ключенко // Гидробиол. журн. – 2003. – Т. 39, № 5. – С. 101–114.
4. *Васильчук Т.А.* Компонентный состав растворенных органических веществ природных поверхностных вод с высокой цветностью / Т.А. Васильчук, В.П. Осипенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3(20). – С. 136–141.
5. *Васильчук Т.О.* Компонентний склад розчинених органічних речовин р. Прип'ять та його зв'язок з розвитком фітопланктону / Т.О. Васильчук, П.Д. Ключенко, О.В. Бусигіна // Наукові записки Тернопільського держ. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія, № 3(14). Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2001. – С. 182–184.
6. Введение в химию окружающей среды / [Андруз Дж., Бримблекумб П., Джикелз Т., Лисс П.]; пер. с англ. А.Г. Заварзиной. – М. : Мир, 1999. – 271 с.
7. *Волков И.И.* Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере рек Черноморского бассейна) / И.И. Волков // Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд : Сб. науч. тр. – М.: Наука, 1975. – С. 85–113.
8. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп: Справ. изд. / [Бандман А.Л., Гудзовский Г.А., Дубейковская и др.]; под ред. В.А. Филова и др. – Л. : Химия, 1988. – 512 с.
9. Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу / [Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б.]. – К.: Ніка-Центр, 2008. – 656 с.
10. Влияние ГРЭС на концентрации металлов и кремния в воде малой Сибирской реки / [В.В. Головина, А.О. Еремина, М.Л. Щипко и др.] // Водные ресурсы. – 2002. – Т. 29, № 4. – С. 442–449.
11. *Гордеев В.В.* Речной сток в океан и черты его геохимии / В.В. Гордеев. – М.: Наука, 1983. – 160 с.
12. *Жежеря В.А.* Співіснуючі форми та особливості міграції алюмінію у воді Канівського водосховища / В.А. Жежеря, П.М.Линник // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2009. – Вип. 258. – С. 114–127.
13. *Жежеря В.А.* Форми міграції алюмінію у воді Запорізького водосховища / В.А. Жежеря, П.М. Линник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3(20). – С. 103–111.
14. *Заиков Г.Е.* Кислотные дожди и окружающая среда / Г.Е. Заиков, С.А. Маслов, В.Л. Рубайло. – М.: Химия, 1991. – 144 с.
15. *Исидоров В.А.* Введение в химическую экотоксикологию: учеб. пособие / В.А.Исидоров. – СПб. : Химиздат, 1999. – 144 с.
16. *Коновалов Г.С.* Микроэлементы в атмосферных осадках района Отказненского водохранилища / Г.С. Коновалов, Т.Х. Колесникова // Гидрохим. мат-лы. – 1969. – Т. 49. – С. 74–79.
17. *Линник П.Н.* Особенности распределения алюминия среди сосуществующих форм в поверхностных водоемах разного типа / П.Н. Линник, В.А. Жежеря // Гидробиол. журн. – 2009. – Т. 45, № 6. – С. 92–109.
18. Оценка физико-химического состояния тяжелых металлов в воде Дуная на различных его участках / [П.Н. Линник, Н.Н. Осадчая, Ю.Б. Набиванец, Н.Ю. Євтушенко] // Водные ресурсы. – 1993. – Т. 20, № 4. – С. 449–454.
19. *Лозовик П.А.* Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территорию Карелии / П.А. Лозовик, И.Ю. Потапова // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33, № 1. – С. 111–118.
20. *Моисеенко Т.И.* Механизмы круговорота природных и антропогенно привнесенных металлов в поверхностных водах Арктического бассейна / Т.И. Моисеенко, В.А. Даувальтер, И.В. Родюшкин // Водные ресурсы. – 1998. – Т. 25, № 2. – С. 231–243.
21. *Моисеенко Т.И.* Оценка геохимического фона и антропогенной нагрузки по биоаккумуляции микроэлементов в организме рыб / Т.И. Моисеенко, Л.П. Кудрявцева, Н.А. Гашкина // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32, № 6. – С. 700–711.
22. *Моисеенко Т.И.* Оценка экологической опасности в условиях загрязнения вод металлами / Т.И. Моисеенко // Водные ресурсы. – 1999. – Т. 26, № 2. – С. 186–197.
23. *Савранский Л.И.* Спектрофотометрическое исследование комплексообразования Cu, Fe и Al с хромазуолом S в присутствии смеси катионного и неионогенного ПАВ / Л.И. Савранский, О.Ю. Наджафова // Журн. аналит. химии. – 1992. – Т. 47, № 9. – С. 1613–1617.
24. *Соколовский Л.Г.* Микроэлементы в природных водах Центрального Копетдага и

сопредельных территорий / Л.Г. Соколовский // Водные ресурсы. – 1997. – Т. 24, № 6. – С. 744–752. **25.** Табаксблат Л.С. Особенности формирования микроэлементного состава шахтных вод при разработке рудных месторождений / Л.С. Табаксблат // Водные ресурсы. – 2002. – Т. 29, № 3. – С. 364–376. **26.** Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины / В.М. Тимченко. – К.: Наук. думка, 2006. – 384 с. **27.** Чудаева В.А. Особенности химического состава атмосферных осадков на юге Дальнего Востока / В.А. Чудаева, О.В. Чудаев, С.Г. Юрченко // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35, № 1. – С. 60–71. **28.** Щербань Э.П. Экспериментальная оценка токсичности дунайской воды для *Daphnia magna* Straus / Э.П. Щербань // Гидробиол. журн. – 1982. – Т. 18, № 2. – С. 82–87. **29.** *Aluminium in drinking-water*. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality / Guidelines for Drinking-water Quality, 2nd ed. Addendum to Vol. 2. Health criteria and other supporting information. – Geneva: World Health Organization, 1998. – 9 p. **30.** Driscoll C.T. Aluminum in the environment / C.T. Driscoll, W.D. Schecher // Metal ions in biological systems (H. Sigel, A. Sigel, Eds.). Vol. 24: Aluminum and its role in biology. NY : Marcel Dekker, 1988. – P. 59–122. **31.** Furrer G. The formation of polynuclear Al¹³ under simulated natural conditions / G. Furrer, B. Trusch, C. Muller // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1992. – Vol. 56. – P. 3831–3838. **32.** Guibaud G. Role of natural organic matter in the mobility of aluminium ions in rivers in the Limousin region (France) / G. Guibaud, C. Gauthier, J. Ayele // Agronomie. – 2000. – Vol. 20. – P. 577–590. **33.** Howe P.D. Environmental aspects of aluminium exposure / P.D. Howe, M. Wood, A. Ripton // Aluminium: report of an International meeting; 20–21 April 1995, Brisbane (P. Imray, M.R. Moore, P.W. Callan, W. Lock, Eds.). – Brisbane – Series: National Environmental Health Forum Monographs. Metal series N 1. – 1998. – P. 19–22. **34.** Witters H.E. Chemical speciation dynamics and toxicity assessment in aquatic systems / H.E. Witters // Ecotoxicol. Environ. Safety. – 1998. – Vol. 41. – P. 90–95.

Співіснуючі форми алюмінію у воді Килійської дельти Дунаю

Жежеря В.А., Линник П.М.

Розглянуто результати досліджень співіснуючих форм алюмінію у воді Килійської дельти Дунаю. Встановлено, що алюміній мігрує переважно у складі завислих речовин (96,4–99,2%). Розчинний алюміній виявлено головним чином у вигляді комплексних сполук з розчиненими органічними речовинами різної хімічної природи, серед яких домінують комплекси з гумусовими речовинами. Частка зазначених комплексів досягає 52,2–93,5%. Наявність токсичних форм алюмінію маловірогідна через його знаходження у зв'язаному стані у складі завислих речовин і комплексних сполук з органічними речовинами.

Ключові слова: Килійська дельта Дунаю; алюміній; форми знаходження; завись; розчинені органічні речовини.

Сосуществующие формы алюминия в воде Килийской дельты Дуная

Жежеря В.А., Линник П.Н.

Рассмотрены результаты исследований сосуществующих форм алюминия в воде Килийской дельты Дуная. Установлено, что алюминий мигрирует преимущественно в составе взвешенных веществ (96,4–99,2%). Растворенный алюминий обнаружен главным образом в виде комплексных соединений с растворенными органическими веществами различной химической природы, среди которых доминируют комплексы с гумусовыми веществами. Доля указанных комплексов достигает 52,2–93,5%. Наличие токсичных форм алюминия маловероятно из-за его нахождения в связанном состоянии в составе взвешенных веществ и комплексных соединений с органическими веществами.

Ключевые слова: Килийская дельта Дуная; алюминий; формы нахождения; взвесь; растворенные органические вещества.

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)