

Роль транспорту наносів при оцінці гідроморфологічного стану гірських річок (на прикладі річок басейну Латориці)

Ободовський О.Г., Онищук В.В., Розлач З.В., Коноваленко О.С.

На основі матеріалів детальних натурних обстежень та моніторингових досліджень репрезентативних ділянок річок басейну Латориці з урахуванням основних положень Водної Рамкової Директиви ЄС та відповідного комплексу розрахунків надається кількісна характеристика витрати транспортуючих наносів.

Ключові слова: транспорт наносів, гранулометричний склад руслоформуючих наносів, витрата наносів, гідроморфологічний стан руслозаплавного комплексу.

Роль транспорта наносов в оценке гидроморфологического состояния горных рек (на примере рек бассейна Латорицы)

Ободовский А.Г., Онищук В.В., Розлач З.В., Коноваленко О.С.

На основе материалов детальных натурных наблюдений и мониторинговых исследований репрезентативных участков рек бассейна Латорицы с учётом основных положений Водной Рамочной Директивы ЕС, а также соответствующего комплекса расчётов приведена количественная характеристика расхода транспортируемых наносов.

Ключевые слова: транспорт наносов, гранулометрический состав руслоформирующих наносов, расход наносов, гидроморфологическое состояние руслопойменного комплекса.

Sediment transportation part in hydromorphological state assessment of mountain rivers (Latorica Basin Rivers as an example)

Obodovskiy O.G., Onyschuk V.V., Rozlach Z.V., Konovalenko O.S.

Based on detailed field surveys and monitoring researches of the representative reaches of Latorica Basin Rivers and necessary complex of estimation quantitative characteristics of transportable sediment discharge are given. All assessment was done in accordance with the main statements of Water Framework Directive EU.

Keywords: sediment transportation, granulometric composition of river channel forming sediment, sediment discharge, hydromorphological state of river channel-floodplain complex.

Надійшла до редколегії 25.03.11

УДК [(556.114: 546.62) 550.461] 001.891

Линник П.М., Жежеря В.А.

Институт гідробіології НАН України, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ МІГРАЦІЇ АЛЮМІНІЮ В СИСТЕМІ “ДОННІ ВІДКЛАДИ – ВОДА” ЗАЛЕЖНО ВІД ВЕЛИЧИНИ рН ВОДИ І ВМІСТУ В НІЙ ФУЛЬВОКИСЛОТ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Ключові слова: алюміній; донні відклади; форми міграції; рН; фульвокислоти

Постановка та актуальність проблеми. До найпоширеніших хімічних елементів земної кори належать кисень, кремній і алюміній, кларки яких становлять відповідно 47,0, 29,5 і 8,05%. Особливість алюмінію полягає в тому, що за вмістом у мінералах він відноситься до макроелементів, а у живих організмах і воді – до мікроелементів.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23)

Низька міграційна здатність цього металу пояснюється його переважним знаходженням у складі кристалічних ґраток багаточисельних мінералів, вилучення з яких алюмінію відбувається дуже повільно і в незначних кількостях.

Міграційна рухливість алюмінію дещо зростає завдяки утворенню комплексних сполук з розчиненими органічними речовинами (РОР) різної хімічної природи, серед яких переважають комплекси з гумусовими речовинами (ГР). Експериментальним шляхом встановлено, що ГР здатні вилуговувати Al(III) із складу мінералів. Інтенсивність цього процесу залежить від хімічної природи ГР, джерела їхнього походження, молекулярної маси і концентрації, а також від хімічного складу мінералів і міцності кристалічних ґраток [9].

Токсичність, біодоступність і міграційна здатність Al(III) залежить від форми його знаходження у воді. У завислій формі Al(III) характеризується низькою міграційною рухливістю і біодоступністю. Найтоксичнішими сполуками Al(III) вважаються його аквакомплекси $Al(H_2O)_6^{3+}$ і гідроксокомплекси $Al(OH)^{2+}$ і $Al(OH)_2^+$, що можуть знаходитися лише у слабкокислому середовищі з рН 4,5–5,5. Зниження токсичності алюмінію відбувається внаслідок утворення комплексних сполук з фторид-, фосфат-, сульфат-, силікат-іонами і з РОР, серед яких вирішальну роль у детоксикації відіграють ГР, а саме фульвокислоти (ФК) і гумінові кислоти (ГК) [10].

Донні відклади відіграють значну роль в самоочищенні водного середовища поверхневих водойм, але за певних умов вони можуть бути джерелом вторинного його забруднення. Раніше проведені дослідження показали, що міграція Al(III) із донних відкладів зростає у слабкокислому середовищі [3]. Водночас, відомо, що Al(III) активно зв'язується в комплекси з ГР, що впливає на його міграційну здатність. У водоймах і ріках з підвищеним вмістом гумусу концентрація розчинного алюмінію істотно зростає. Наприклад, у ріках басейну Прип'яті вона досягає 270–580 мкг/дм³. Але в цих ріках рН води іноді знижується до 6,3–6,5. Отже, наяву вплив двох важливих чинників – зниження рН та підвищення вмісту ГР, які визначають міграційну здатність алюмінію.

Тому наші дослідження були спрямовані на з'ясування одночасного впливу зниження рН і збільшення вмісту ФК у воді експериментальних систем на його міграцію в системі “донні відклади – вода”. Вибір саме цих чинників зумовлений тим, що Al(III) активніше зв'язується у комплексні сполуки з ФК у слабкокислому середовищі [4, 5] і, крім того, ці природні органічні кислоти домінують у складі РОР більшості поверхневих водойм і водотоків, а тому відіграють важливу роль у міграції алюмінію в розчиненому стані.

Матеріали і методи досліджень. Вивчення міграції Al(III) в системі “донні відклади – вода” здійснювали шляхом експериментальних досліджень у скляних акваріумах об'ємом 12 дм³. Під час експерименту вивчали міграційну здатність Al(III) при зниженні значень рН до 5,6–6,0 і додатковому внесенні ФК. У першому акваріумі знаходилася природна вода з верхньої ділянки Канівського водосховища (Оболонська затока). У наступних чотирьох

акваріумах знаходились свіжовідібрані донні відклади і вода у співвідношенні 1:10. За даними гранулометричного аналізу склад донних відкладів був таким: пісок – 55,6%, мул крупний – 27,2%, мул середній – 11,4%, мул дрібний – 3,8%, глина – 2,0%. Вологість донних відкладів становила 29%, а вміст у їхньому складі органічних речовин, за даними втрат при прожарюванні, – 11,7%. Другий акваріум був контрольним за вмістом Al(III) у воді стосовно інших трьох акваріумів, у яких штучно знижували рН води до (5,6–6,0) за допомогою розчину CH_3COOH . До четвертого і п'ятого акваріумів, окрім цього, додатково вносили розчини ФК (буре вугілля “Леонардит”, Угорщина) з розрахунку 30,0 і 50,0 мг/дм³. На другу добу експерименту на дно акваріумів обережно встановлювали ловушки із скла (чашки Петрі) площею 38,5 см², які після завершення експерименту обережно піднімали і збирали завись, яка седиментувала на їхню поверхню. Після цього воду із зависсю пропускали через мембранний фільтр 0,4 мкм для відокремлення завислих речовин, а потім визначали вміст Al(III) у їхньому складі після “мокрого спалювання”.

Протягом експерименту майже щоденно вимірювали значення рН, концентрацію розчиненого у воді кисню, вміст розчиненого Al(III), тоді як значення ПО (за методом Кубеля) та концентрацію завислої форми Al(III) визначали у природній воді до початку експерименту і у воді акваріумів приблизно через кожні 4 доби. Також визначали кольоровість води (Cr-Co-шкала) та концентрацію розчиненої і завислої форм феруму і мангану [1, 7]. Якщо на поверхні води акваріумів утворювалась оксидна плівка, то її обережно збирали, а отриманий розчин із плівкою фільтрували через мембранні фільтри з діаметром пор 0,4 мкм. Вміст Al(III), феруму, мангану в оксидній плівці визначали після її обробки сумішшю концентрованих кислот HNO_3 і H_2SO_4 .

Завислі речовини відокремлювали пропусканням проб води (0,75 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 фотометричним методом з використанням реагента хромазуолу S [8]. Вміст алюмінію у складі зависі знаходили після “мокрого спалювання” фільтрів із зависсю в суміші концентрованих кислот градації “х. ч.” (відповідно 2,0 см³ HNO_3 і 1,0 см³ H_2SO_4) [2]. Концентрацію розчинного Al(III) визначали після фотохімічної деструкції POP при рН 1,5–2,0 протягом 2,5 год опромінення УФ-світлом ртутно-кварцової лампи ДРТ-1000.

Розподіл Al(III) між комплексними сполуками з POP різної хімічної природи вивчали методом іонообмінної хроматографії з використанням целюлозних іонітів. Молекулярно-масовий розподіл комплексних сполук алюмінію з POP аніонної фракції досліджували методом гель-хроматографії з використанням скляної колонки, заповненої TSK-гелем HW-50F (Японія) [6]. 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. Такі дослідження здійснювали приблизно через кожні 4 доби експерименту для п'ятої експериментальної системи, де відбувалось

найінтенсивніше його надходження з донних відкладів у розчинній формі.

Результати дослідження і їх обговорення. Під час експерименту в 1-му акваріумі дефіциту кисню у воді не спостерігалось, тоді як в інших чотирьох акваріумах, починаючи з 6-ої доби у воді 2-го акваріума і з 2-ої доби у наступних трьох акваріумах відмічено істотне зниження його концентрації (рис. 1а). У воді 2-го акваріума насичення води киснем на 6-у добу становило 50%, тоді як у інших трьох цей показник не перевищував 9,0–14,7%. Це пояснюється активним витрачанням розчиненого O_2 на процеси окиснення Fe^{2+} до Fe^{3+} і Mn^{2+} до Mn^{4+} , а також органічних речовин, які інтенсивніше надходять із донних відкладів до водної товщі у слабко кислому водному середовищі. Значення рН води 1-го акваріума протягом експерименту майже не зазнавали змін і становили 8,06–8,20, тоді як у 2-му акваріумі відбувалося поступове зниження величини рН до 7,60. У наступних трьох акваріумах, де штучно підтримували значення рН у межах 5,6–6,0, зіткнулися з проблемою стабілізації цього показника, оскільки постійно відбувалось зростання його значень рН вище передбаченого дослідженнями рівня (рис. 1б).

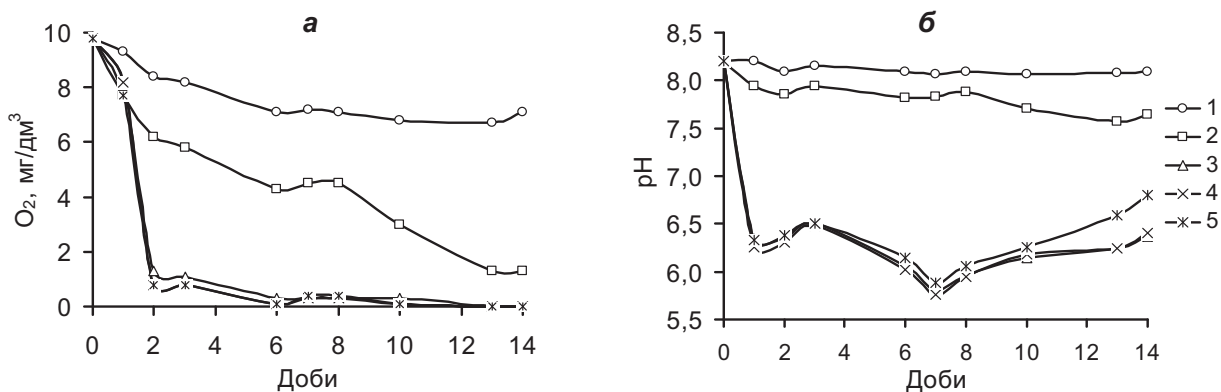


Рис. 1. Динаміка концентрації кисню (а) та рН (б) у воді експериментальних систем. Тут і на рис. 2: 1 – природна вода без донних відкладів, 2 – донні відклади і природна вода (1:10) без додаткового внесення ФК і зниження величини рН, 3, 4 і 5 – донні відклади і природна вода (1:10) зі зниженням величини рН (5,6–6,0) без додаткового внесення ФК (3) та з додаванням ФК до концентрації 30,0 (4) і 50,0 (5) мг/дм³.

Важливий опосередкований показник вмісту у воді ГР – її кольоровість. За даними цього показника встановлено надходження ГР із донних відкладів, починаючи з 3-ої доби, та зниження їхнього вмісту у воді 3-ої–5-ої експериментальних систем на 7-у добу, а також на 10-у і 13-у доби відповідно у 5-му та 3-му і 4-му акваріумах (рис. 2а). Окрім цього, значення кольоровості води допомогли встановити причину такого незначного підвищення вмісту розчиненого $Al(III)$ у 5-ій експериментальній системі (приблизно у 5 разів) порівняно з його вмістом у природній воді (40,0 мкг/дм³) до початку експерименту (рис. 2б). У висококольорових водах правих приток р. Прип'ять його вміст у розчиненій формі досягає значно більших величин, про що вже йшлося вище. В нашому випадку після 6-ої доби спостерігається навіть

зниження концентрації розчиненого Al(III), причому саме в ті дні, коли значення кольоровості води у третій, четвертій і п'ятій експериментальних системах зменшуються (рис. 2а, 2б). Отже, стає зрозуміло, що розчинений Al(III) надходить із донних відкладів до водної товщі переважно у складі комплексних сполук з ГР. Цьому сприяє, насамперед, слабкокислое середовище (рис. 2б, крива 3), а також додаткове внесення ФК у останні два акваріуми (рис. 2 б, криві 4, 5). Відомо, що у поровій воді Al(III) на 94,6% входить до складу комплексів з РОР аніонної природи, тобто переважно з ГР, тому і його надходження з донних відкладів до водної товщі відбувається саме у вигляді комплексів, а не вільних (гідратованих) іонів металу $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ [3]. Додаткове внесення ФК до останніх двох акваріумів сприяло підсиленню надходження розчиненого Al(III) із донних відкладів, що пов'язано, найвірогідніше, з додатковим його вилученням з твердої фази та утворенням відповідних фульватних комплексів.

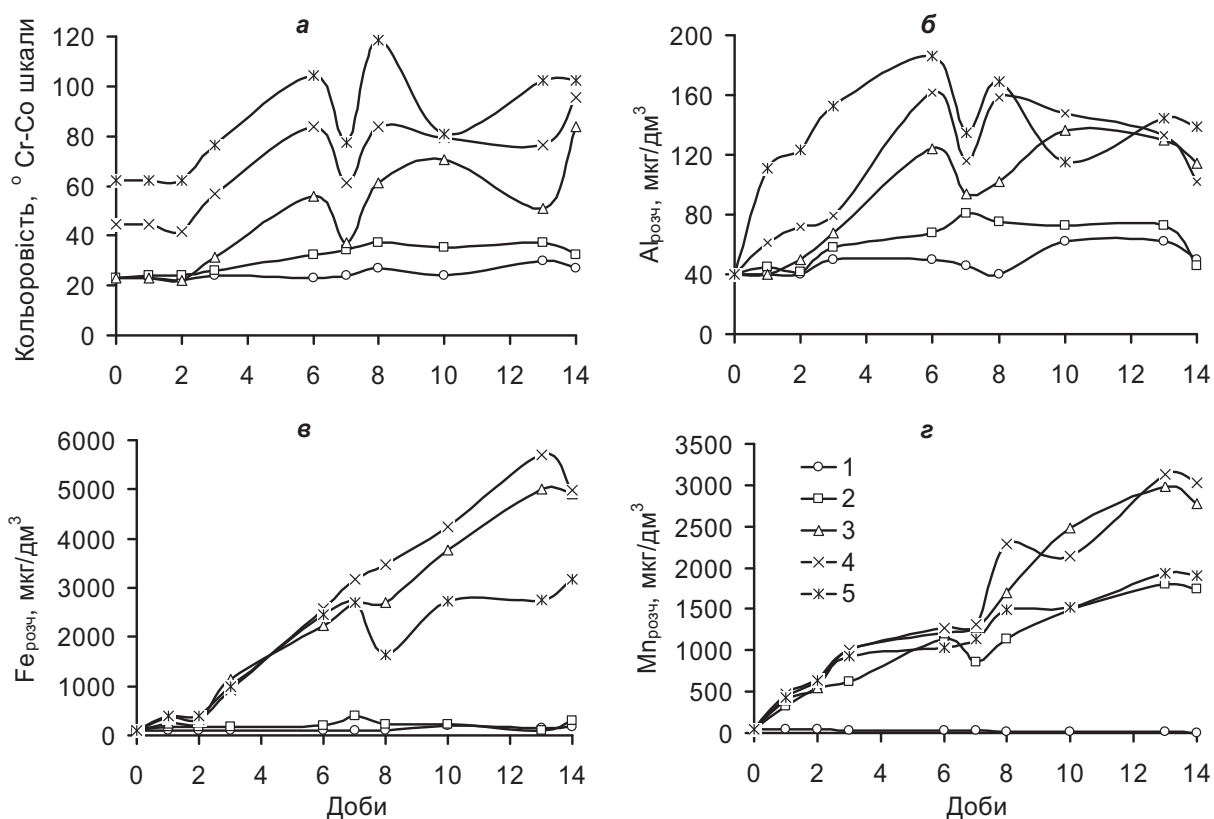


Рис. 2. Зміни кольоровості води (а) та концентрації розчинених алюмінію (б), феруму (в) і мангану (г) у воді експериментальних систем

Концентрація феруму у воді останніх трьох акваріумів, навпаки, збільшувалася під час зниження кольоровості води. Дуже високі концентрації цього металу у воді та ще й надходження значної його частини у вигляді Fe^{2+} іонів за умов зниження рН і дефіциту розчиненого у воді кисню могли стати важливим чинником нейтралізації заряду ФК, їхньої агрегації та подальшої коагуляції (рис. 2в). Істотне зростання концентрації мангану відбувалося за умов тривалого дефіциту O_2 та зниження рН (рис. 2г). Проте істотного впливу цього металу на вміст розчиненого Al(III) не встановлено, оскільки у воді

практично не відбувалося його окиснення, а переважаючою формою знаходження були вільні (гідратовані) іони Mn^{2+} .

Значну частину алюмінію і феруму було виявлено у складі зависі, що седиментувала на дно акваріумів (рис. 3). Цей факт ще раз підтверджує активну участь заліза у коагуляції ГР та їхній седиментації, а разом з ними і їхніх комплексів з алюмінієм, ферумом і манганом та іншими металами. Значно менші концентрації алюмінію і мангану знайдено в плівці, яка утворилась на поверхні води 3–5-го акваріумів. Феруму в її складі містилось набагато більше, що пояснюється окисненням Fe^{2+} до Fe^{3+} на межі розділення фаз “вода – атмосферне повітря”, оскільки окиснення феруму, на відміну від мангану, відбувається швидше, а відновлення, навпаки, повільніше. Вміст металів у складі плівки збільшувався від 3-го до 5-го акваріума, при цьому маса алюмінію, що перейшла до плівки, знаходилася в межах 516,0–1248,0 мкг, а мангану і феруму – відповідно 76,0–392,0 і 4510,0–9520,0 мкг.

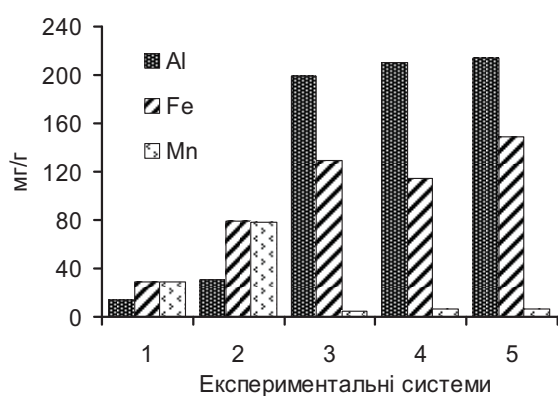


Рис. 3. Вміст металів у складі зависі, що седиментувала на дно акваріумів протягом 14 діб.

Вміст завислого $Al(III)$ у воді 2-ої–5-ої експериментальних систем досягав максимальних величин ($100\text{--}250\text{ мкг/дм}^3$) протягом першої доби експерименту, що пояснюється скаламучуванням донних відкладів під час додавання до них природної води. До кінця експерименту концентрація цієї форми алюмінію знижувалася майже до початкових значень і не перевищувала $23,0\text{--}75,0\text{ мкг/дм}^3$. Звертає на себе увагу той факт, що, на відміну від алюмінію, вміст завислого феруму у воді систем, до яких додатково вносили ФК, збільшувався до кінця експерименту і досягав $375,0\text{--}543\text{ мкг/дм}^3$. Це свідчить про подальший перебіг процесу коагуляції ФК у воді цих акваріумів. Манган знаходився у воді експериментальних систем переважно в розчиненому стані із-за недостатці кисню для його окиснення, оскільки він витрачався переважно на окиснення феруму (II). Лише у воді другого акваріума, де дефіцит кисню формувався поступово, наявні дещо більші концентрації завислого мангану ($186,0\text{ мкг/дм}^3$), порівняно з його вмістом в інших акваріумах ($2,3\text{--}12,7\text{ мкг/дм}^3$). Слід зазначити, що в цьому акваріумі вміст розчиненого феруму не перевищував $400,0\text{ мкг/дм}^3$ (рис 2в), а тому витрати кисню на окиснення заліза були меншими. Отже, частина кисню витрачалась на окиснення мангану.

Розчинений $Al(III)$ у воді експериментальних систем знаходився на $40,0\text{--}73,0\%$ у складі комплексних сполук з аніонною фракцією PO_4 , тобто

переважно з ГР, тоді як частка комплексів цього металу з білковоподібними речовинами (катионні комплекси) і вуглеводами (нейтральні комплекси) становила відповідно 6,2–24,0% і 17,0–41,4%. Відмічено, що протягом експерименту відносний вміст комплексних сполук Al(III) з аніонною фракцією РОР до кінця експерименту досягав максимальних величин. Отже, ГР сприяють знаходженню Al(III) у розчиненому стані. Відносний вміст комплексів Al(III) з РОР аніонної фракції, молекулярна маса яких не перевищувала 2,0 кДа, досягав 70,7–79,2%, що підтверджує можливість седиментації високомолекулярних комплексних сполук цього металу.

Висновки. Серед абіотичних чинників водного середовища, що впливають на міграцію алюмінію з донних відкладів, важливе значення мають зниження величини рН води і підвищення в ній концентрації ФК. За дії цих чинників істотно зростає надходження Al(III) у воду, яка контактує з донними відкладами. Порівняно з природною водою до початку експерименту концентрація загального алюмінію збільшувалась у 45–50 разів. Водночас, надходження Fe²⁺ з донних відкладів у високих концентраціях при зниженні рН і тривалому дефіциті кисню призводить до коагуляції і седиментації ФК і їхніх комплексів з Al(III). Цей процес слід розглядати як такий, що лімітує знаходження Al(III) у розчиненому стані, оскільки він переходить у завислу форму і осідає на дно. У розчиненому стані Al(III) знаходиться у вигляді комплексних сполук з РОР різної хімічної природи, серед яких домінують аніонні комплекси, частка яких складає 40,0–73,0%.

Список літератури

1. Аналітична хімія поверхневих вод / Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. – К. : Наук. думка, 2007. – 456 с.
2. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии / Р. Бок.: пер. с англ. ; [под ред. А.И. Бусева и Н.В. Трофимова]. – М. : Химия, 1984. – 432 с.
3. Жежеря В.А. Експериментальне дослідження міграції алюмінію з донних відкладів залежно від концентрації розчиненого кисню і величини рН води / В.А. Жежеря, П.М. Линник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 2(19). – С. 129–137.
4. Линник П.М. Комплексоутворення Al(III) з гумусовими речовинами як важливий чинник його міграції в поверхневих водоймах / П.М. Линник, В.А. Жежеря, Р.П. Линник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – Т. 17. – С. 127–133.
5. Линник П.Н. О некоторых особенностях комплексообразования Al(III) с гумусовыми веществами / П.Н. Линник, В.А. Жежеря, Р.П. Линник // Методи та об'єкти хімічного аналізу. – 2009. – Т. 4, № 1. – С. 73–84.
6. 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.
7. Набиванець Б.И. Кинетические методы анализа природных вод / Б.И. Набиванець, П.Н. Линник, Л.В. Калабина. – К. : Наук. думка, 1981. – 140 с.
8. 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.
9. Соколова Е.И. Некоторые экспериментальные исследования по разложению нефелина и биотина / Е.И. Соколова, Т.С. Нудженовская // Экспериментальные исследования по разложению минералов органическими кислотами. – М. : Наука, 1968. – С. 140–169.
10. Driscoll C.T., Schecher W.D. The chemistry of aluminum in the environment // Environ. Geochem. Health. – 1990. – Vol. 12. – P. 28–48.

Особливості міграції алюмінію в системі “донні відклади – вода” залежно від величини рН води і вмісту в ній фульвокислот (експериментальне дослідження)

Линник П.М., Жежеря В.А.

Розглянуто результати експериментального дослідження міграції алюмінію в системі “донні відклади – вода” за дії зниження рН води та підвищення концентрації фульвокислот.

Ключові слова: алюміній; донні відклади; форми міграції; рН; фульвокислоти.

Особенности миграции алюминия в системе “донные отложения – вода” в зависимости от величины рН воды и содержания в ней фульвокислот (экспериментальное исследование)

Линник П.Н., Жежеря В.А.

Рассмотрены результаты экспериментального исследования миграции алюминия в системе “донные отложения – вода” под влиянием снижения рН воды и повышение концентрации фульвокислот.

Ключевые слова: алюминий; донные отложения; формы миграции; рН; фульвокислоты.

Features of aluminium migration in the “bottom sediments – water” system depending on the pH value and content of fulvic acids in water (experimental research)

Linnik P.N., Zhezherya V.A.

Results of an experimental research of aluminium migration in the “bottom sediments – water” system under influence of decrease in pH value and increasing content of fulvic acids are considered.

Keywords: aluminium; bottom sediments; speciation; pH; fulvic acids.

Надійшла до редколегії 17.02.11

УДК 556.537:627.142

Онищук В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВІДКРИТИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ У КОНТЕКСТІ УПРАВЛІННЯ РУСЛОВИМИ ПРОЦЕСАМИ

Ключові слова: відкрита динамічна система, принципи функціонування системи, управління русловими процесами

Актуальність проблеми. Більш успішний розвиток теорії руслових процесів і, відповідно, розв'язання практичних завдань стосовно управління водними потоками можливий лише на основі глибокого і всебічного вивчення природних закономірностей функціонування складної відкритої гідродинамічної системи «потік – русло» (далі ГДСп-р) [1, 2]. Використання системного підходу до вивчення властивостей ГДСп-р, зокрема таких головних явищ як турбулентність потоку, самовимощення дна і меандрування русел, пов'язано з необхідністю чіткого уявлення про основні закономірності функціонування цієї системи.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23)