

УДК 556.114.6:546.28(282.247.3)

Дика Т. П., Жежеря В. А., Линник П. М.

Інститут гідробіології НАН України, м.Київ

ВМІСТ ТА ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ СИЛІЦІЮ У ВОДІ РІЧКИ ТЕТЕРІВ

Ключові слова: силіцій; форми знаходження; завись; молекулярно-масовий розподіл; р.Тетерів

Постановка та актуальність проблеми. До найпоширеніших хімічних елементів земної кори належать кисень і силіцій, кларки яких становлять відповідно 47,0 і 29,5%. У природі силіцій знаходиться у складі різних сполук: кремнезему, силікатів та алюмосилікатів. Частка кремнезему у літосфері у вигляді мінералів кварцу, халцедону й опалу досягає 12,0%. Крім того, силіцій – постійний компонент прісних та солоних морських вод [1, 7, 16, 19]. Його концентрація у поверхневих водах коливається в межах від слідових кількостей до 49 мг/дм³ [10]. У маломінералізованих прісних водах сполуки силіцію домінують, досягаючи майже 50% загальної мінералізації. Висока частка силіцію характерна для водних об'єктів північних широт, оскільки загальна мінералізація води в них низька, а силіцій є головним елементом [8].

Особливість силіцію як хімічного елемента полягає в тому, що переважна більшість його сполук, зокрема силікати – це важливі породоутворюючі мінерали всіх магматичних та більшості осадових гірських порід. Проте його низька міграційна здатність зумовлена, вочевидь, структурою силікатів, оскільки в них зв'язок між іонами кисню і силіцію значно сильніший, ніж з металами, які виконують роль катіонів в кристалічній структурі силікатів [3].

Силіцій належить до біогенних елементів, оскільки важливий та необхідний для всіх живих організмів. Відносний його вміст у складі переважної більшості живих організмів знаходиться в межах 0,001–0,1%. Визначальна роль цього біоелемента у розвитку та життєздатності діатомових водоростей. Адже саме силіцій – важлива та необхідна складова частина цих гідробіонтів, які, в свою чергу, домінують за біомасою серед прісноводного та морського фітопланктону. Силіцій – елемент, який бере безпосередню участь у формуванні кремнеземного панцира діатомей, а також впливає на їхній ріст, розміри, чисельність та видову різноманітність, забезпечуючи регуляцію дихання, синтез хлорофілу та ДНК. Відносний вміст Si у складі діатомових водоростей досягає 1,0–1,5%, а основна його маса (близько 95%) зосереджена саме в панцирі, який представлений гідратованим аморфним кремнеземом [5, 12, 22, 30]. Силіцій входить до складу практично всіх тканин та органів людини і тварин. Максимальні його концентрації виявлено в сполучній тканині, легенях, трахеї, рогівці та райдужці ока, аорті, кістках, хрящах, сухожилках, зубній емалі тощо [5]. Відмічено здатність сполук силіцію до детоксикації Al(III) у поверхневих водах завдяки утворенню гідроксиалюмосилікатних комплексів [25, 29].

У поверхневих природних водах виділяють такі форми силіцію: розчинну, у тому числі зв'язану з розчиненими органічними речовинами (РОР), колоїдну і завислу [8]. Розчинна форма силіцію – це головним чином силікатна кислота (H₄SiO₄) та її дисоційована форма (H₃SiO₄⁻), співвідношення між якими залежить від рН водного середовища. Колоїдна (полімерна) форма не перевищує 10–20%

Гідрологія, гіdroхімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2(29)

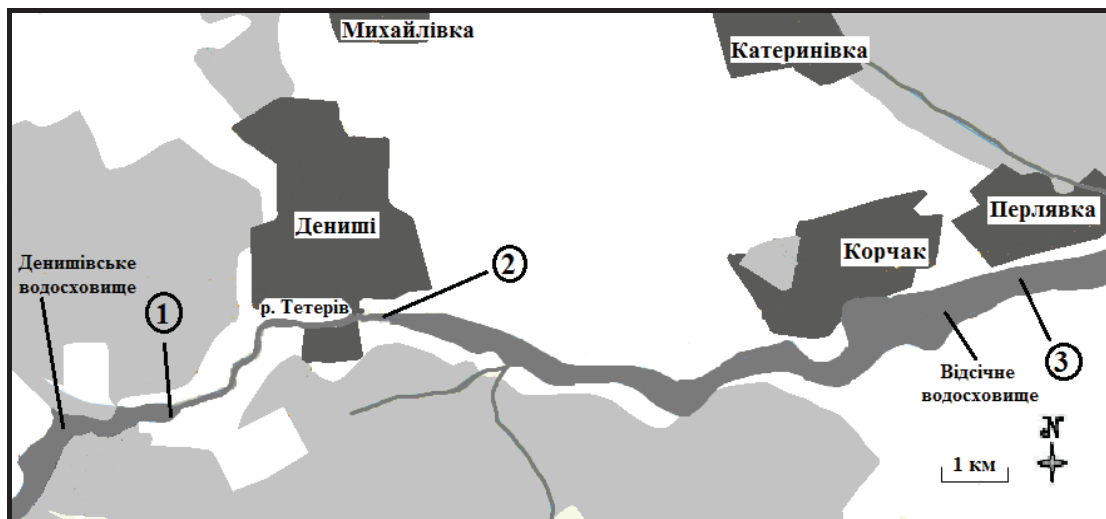
загального вмісту силіцію і проявляється при зростанні концентрації силіцію та зниженні температури води [18, 20, 23]. Частинки мінералів силіцію (кремнезем і його різні модифікації, силікати та алюмосилікати), живі силіційвмісні організми, а також планктонний детрит відносять до завислої форми силіцію.

Високі концентрації розчиненого силіцію в річках зустрічаються, зазвичай, в період незначного поверхневого стоку, що, очевидно, пов'язано з його надходженням із донних відкладів або із ґрунтовими водами [27]. Зменшення швидкості течії річок внаслідок їхнього зарегулювання призводить до збільшення первинної продукції водойми, бо відбувається активне споживання біогенних елементів, у тому числі силіцію, діатомовими водоростями. В результаті цього розчинні сполуки силіцію трансформуються та переходять у завислу форму (кремнеземні стулки діатомових водоростей). Після відмирання останніх відбувається седиментація і акумуляція силіцію у складі донних відкладів, де ці панцирі зазнають часткового розчинення з утворенням силікатної кислоти [26].

До основних джерел надходження сполук силіцію до поверхневих вод належать вивітрювання, розчинення силікатних мінералів, відмирання водяних силіційвмісних організмів, атмосферні опади, стічні води промислових підприємств з виготовлення скляних виробів, цементу, кераміки тощо [20]. Додатковим джерелом надходження сполук силіцію до поверхневих вод можуть бути також синтетичні миючі засоби, до складу яких входять силікати [26].

Вивчення форм знаходження силіцію у поверхневих водах набуває все більшої актуальності, тому що дає можливість об'єктивно оцінити його біодоступність для живих організмів та з'ясувати основні шляхи міграції, розподілу і накопичення у різнотипних водних об'єктах.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводились на р. Тетерів протягом 2011–2012 рр. Карту-схему досліджуваної ділянки річки із зазначенням станцій відбору проб води наведено нижче (рис. 1).



Станції відбору проб води: 1 – нижня ділянка Денишівського водосховища; 2 – р. Тетерів (с. Дениші); 3 – середня ділянка Відсічного водосховища

Рис. 1. Карта-схема ділянки р. Тетерів

Проби води відбирали у поліетиленові ємності з поверхневого (~ 0,5 м) та придонного горизонтів (~ 0,3–0,5 м), використовуючи модифікований батометр-склянку, з подальшим їх транспортуванням до лабораторії. Завислі речовини відокремлювали від розчинних форм, пропускаючи пробу води (1,0–1,5 дм³) через мембранний фільтр “Synpor” (Чехія) з діаметром пор 0,4 мкм під тиском ≈ 2 атм,

який створювався за допомогою установки УК 40–2М. Масу завислих речовин знаходили за різницею між масою фільтра із зависсю, висушеного до постійної маси за кімнатної температури, та масою самого фільтра. Якісний склад зависі досліджували за допомогою мікроскопу М10 зі збільшенням у 280 разів.

Концентрацію силіцію у складі завислих речовин визначали після “мокрого спалювання” фільтра із зависсю в суміші концентрованих нітратної і сульфатної кислот градації “х.ч.” та подальшої гідротермальної обробки отриманого розчину в сталевому автоклаві при температурі 150 С впродовж 4–5 годин [15]. Необхідність такої обробки зумовлена тим, що в процесі “мокрого спалювання” зависі вивільняється лише незначна частина силіцію, найвірогідніше того, що знаходиться у складі завислих органічних речовин.

Можливість існування Si у складі розчинених силіційвмісних органічних сполук встановлювали шляхом фотохімічної деструкції POP. Для цього у кварцові склянки вносили проби води об'ємом 20,0 см³ і підкислювали їх декількома краплями концентрованої H₂SO₄ до рН 1,0–1,5. Потім додавали ще 2–3 краплі 35%-ного розчину H₂O₂ й опромінювали УФ-світлом протягом 2,5 годин, використовуючи ртутно-кварцову лампу ДРТ-1000.

Розподіл сполук силіцію за знаком заряду вивчали за допомогою методу йонообмінної хроматографії. Послідовно пропускаючи пробу води об'ємом 1,0–1,5 дм³ через пластикові колонки з целюлозними іонітами ДЕАЕ (діетиламіноетилцелюлоза) і КМ (карбоксиметилцелюлоза), одержували три фракції, що відрізняються між собою за знаком заряду: аніонну, катіонну і нейтральну. Швидкість пропускання проби води становила ≈ 1,0 см³/хв. Десорбція аніонної фракції досягалась за допомогою 0,3 моль/дм³ розчину NaOH, а катіонної – за допомогою 0,1 моль/дм³ розчину HCl.

Молекулярно-масовий розподіл розчинених сполук силіцію в аніонній і нейтральній фракціях досліджували методом гель-хроматографії, використовуючи скляну колонку, заповнену TSK-гелем Тоуорепарл HW-40F (Японія). Попередньо колонку калібрували за допомогою розчинів поліетиленгліколів з молекулярною масою 0,6, 1,0 та 2,0 кДа і глюкози (0,18 кДа).

Вміст силіцію у фільтратах води, фракціях після йонообмінного і гель-хроматографічного розділення, а також у складі зависі визначали фотометричним методом у вигляді синьої (відновленої) форми силіціймолібденової гетерополікислоти [2, 20]. Концентрацію силіцію у фракціях після розділення на колонках з целюлозними іонітами та гель-хроматографічного розділення визначали після фотохімічного окиснення POP, як зазначено вище.

Результати досліджень та їх обговорення. Річка Тетерів – правобережна притока Дніпра довжиною 385 км і площею басейну 15,3 тис км², похилом річки 0,5 м/км [6, 17]. Ширина її варіює від 0,4 до 12 м у верхній ділянці та від 40 до 90 м у середній і нижній частинах. Глибина річки на перекатах не перевищує 0,7 м, на плесах – 1,2–1,5 м. Середня швидкість течії становить 0,2–0,5 м/с. Витік знаходиться на відрогах Волинсько-Подільської височини неподалік с.Носівки Чуднівського району. Протікаючи в межах Житомирського і Київського Полісся, р. Тетерів впадає у Київське водосховище. У басейні річки частка лісів складає 15%, боліт – 4,4% [6, 9, 13]. Пересікаючи Український кристалічний щит, Тетерів утворює високі скелясті береги, а також характеризується наявністю невеличких водоспадів і перекатів. Живлення річки змішане, з домінуванням снігового. Добре виражена весняна повінь та низька літньо-осіння межень, яка зазнає змін за рахунок дощових паводків. Льодостав настає у грудні, а скресає річка в березні [14]. Для регулювання стоку та задоволення господарських потреб на річці споруджено

низку водосховищ і ставків [6]. Середньорічний вміст завислих речовин у воді р.Тетерів варіює в межах 4–16 мг/дм³. Середні значення мінералізації води коливаються від 380 до 567 мг/дм³, а максимальні становлять 784 мг/дм³. Протягом 1996–2006 рр. твердість води змінювалася в середньому від 4,3 до 5,5 ммоль-екв/дм³ [10].

В період проведення наших досліджень загальна концентрація силіцію у воді р.Тетерів знаходилась в межах 1,61–6,65 мг/дм³ (табл. 1). Розчинена форма Si виявилась домінуючою, її частка становила 68,3–98,4% від його загального вмісту.

Таблиця 1. Вміст різних форм силіцію у воді р. Тетерів протягом 2011–2012 рр.

Дата відбору проб води		Маса зависі, мг/дм ³	Si _{заг} , мг/дм ³	Si _{розч}		Si _{зав}		Частка Si у складі зависі, %
				мг/дм ³	%	мг/дм ³	%	
<i>Станція №1</i>								
05.11.2011	п	8,17	2,71	2,2	81,2	0,51	18,8	12,9
04.12.2011	п	1,88	3,27	3,1	94,8	0,17	5,2	19,3
03.01.2012	п	2,69	4,29	4,2	97,9	0,09	2,1	6,4
26.02.2012	п	2,77	3,86	3,8	98,4	0,06	1,6	4,3
25.03.2012	п	3,75	4,68	4,3	91,9	0,38	8,1	21,4
16.04.2012	п	2,69	2,46	2,2	89,4	0,26	10,6	21,4
	д	12,78	3,61	2,7	74,8	0,91	25,2	15,0
02.05.2012	п	2,84	1,63	1,5	92,0	0,13	8,0	10,7
	д	12,21	2,49	1,7	68,3	0,79	31,7	12,9
10.06.2012	п	6,21	2,29	2,2	96,1	0,09	3,9	2,1
	д	8,22	2,95	2,5	84,7	0,45	15,3	10,7
14.07.2012	п	14,79	3,72	3,5	94,1	0,22	5,9	2,1
	д	10,70	4,49	4,0	89,1	0,49	10,9	10,7
06.10.2012	п	10,80	4,60	4,4	95,7	0,20	4,3	4,3
	д	3,86	6,65	6,5	97,7	0,15	2,3	8,6
17.11.2012	п	5,54	4,57	4,4	96,3	0,17	3,7	6,4
	д	13,69	5,06	4,4	87,0	0,66	13,0	10,7
<i>Станція №2</i>								
02.05.2012	п	4,77	1,94	1,6	82,5	0,34	17,5	15,0
02.05.2012	д	4,07	1,61	1,4	87,0	0,21	13,0	10,7
10.06.2012	п	3,78	2,67	2,4	89,9	0,27	10,1	14,9
14.07.2012	п	2,29	3,66	3,6	98,4	0,06	1,6	6,4
06.10.2012	п	12,20	4,86	4,4	90,5	0,46	9,5	8,6
17.11.2012	п	6,36	4,38	4,2	95,9	0,18	4,1	6,4
<i>Станція №3</i>								
26.02.2012	п	2,47	2,20	2,1	95,5	0,10	4,5	8,6
25.03.2012	п	6,69	3,66	3,1	84,7	0,56	15,3	17,1
16.04.2012	п	10,85	3,48	2,6	74,7	0,88	25,3	17,1
02.05.2012	п	7,11	2,41	2,0	87,1	0,31	12,9	8,6
10.06.2012	п	15,35	3,06	2,7	88,2	0,36	11,8	4,3
14.07.2012	п	14,67	4,56	3,9	85,5	0,66	14,5	8,6
06.10.2012	п	2,47	2,20	2,1	95,5	0,10	4,5	8,6
17.11.2012	п	8,52	4,75	4,5	94,7	0,25	5,3	6,4

Примітка: п – поверхневий, д – придонний горизонти, Si_{заг}, Si_{розч}, Si_{зав} – відповідно концентрація загального, розчиненого і завислого силіцію.

Активне споживання сицилію діатомовими водоростями зумовлює сезонні коливання його концентрації у поверхневих водних об'єктах. Як наслідок, відбувається трансформація розчиненої форми сицилію у завислу внаслідок побудови діатомеями своїх кремнеземних панцирів (рис. 2).

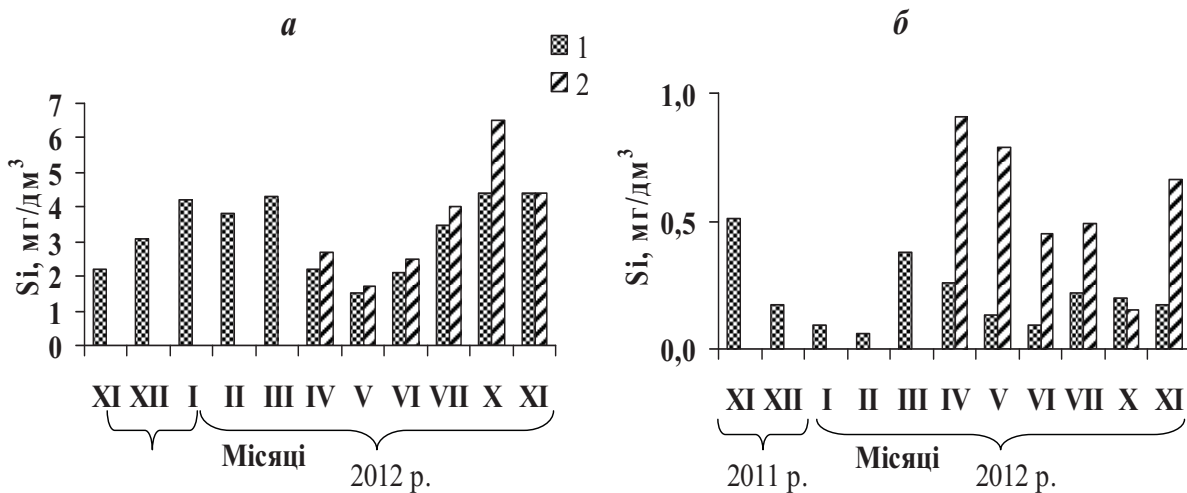


Рис. 2. Сезонні зміни концентрації розчинного (а) та завислого (б) сицилію у воді р.Тетерів (станція №1): 1 – поверхневий, 2 – придонний горизонти

Частка завислого сицилію поблизу дна, зазвичай, вища, ніж у поверхневому шарі, і становила відповідно 2,3–31,7% та 1,6–25,3%. Це, вочевидь, зумовлено двома основними чинниками: масою зависі та її природою. Зростання маси завислих речовин, у складі яких переважають сицилійвмісні мінерали чи кремнеземні панцирі діатомових водоростей, неминуче призводить до зростання концентрації завислого сицилію і його частки. У переважній більшості випадків до складу зависі у придонному шарі води входили мінеральні частинки та діатомові водорості. Для зависі поверхневого горизонту характерні сезонні зміни її складу, які зумовлені розвитком та домінуванням представників різних відділів водоростей в окремі пори року. Тому і взаємозв'язок між вмістом сицилію у складі завислих речовин і масою зависі має неоднаковий характер (рис. 3). Значення коефіцієнта кореляції для поверхневого і придонного шарів води істотно відрізняються. При рівні значимості $\alpha=0,01$ вони становлять відповідно 0,55 і 0,92.

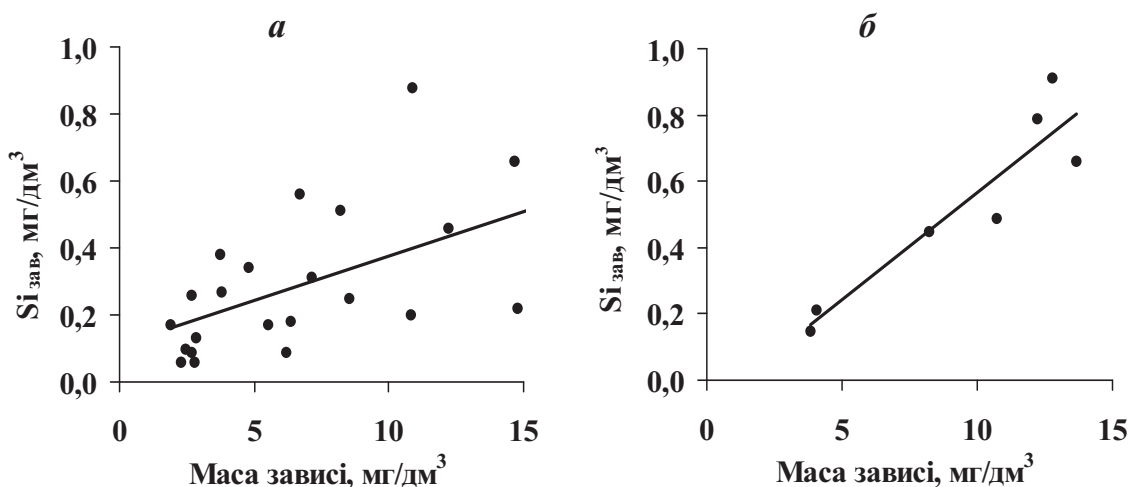


Рис. 3. Взаємозв'язок між вмістом сицилію у складі завислих речовин і масою зависі у воді поверхневого (а) та придонного горизонтів (б) р. Тетерів (станція №1)

Відомо, що води річок, на відміну від озер і водосховищ, характеризуються підвищеним вмістом зависі мінерального походження, а це, в свою чергу, зумовлює зростання частки завислого силіцію [4]. Аналогічна картина спостерігалась нами і в гирловій ділянці р. Дунай, вода якої характеризується доволі високими показниками каламутності, а отже, і вмісту завислих речовин (в середньому близько 170 мг/дм^3 , однак в окремі періоди може досягати $500\text{--}1500 \text{ мг/дм}^3$) [21]. Результати власних досліджень показали, що частка $\text{Si}_{\text{зав}}$ у воді Кілійської дельти Дунаю наприкінці весни 2012 р. домінувала над $\text{Si}_{\text{розч}}$, складаючи $79,8\text{--}82,9\%$. Порівняно низька частка $\text{Si}_{\text{зав}}$ у воді р.Тетерів пов'язана, очевидно, з невисоким вмістом завислих речовин через його зарегульованість внаслідок створення низки водосховищ.

Результати досліджень показали, що використання лише “мокрого спалювання” як способу руйнування зависі не забезпечує повного вилучення силіцію із її складу, про що свідчать величини концентрації силіцію, одержані після використання зазначеного методу та гідротермальної обробки (рис. 4). У процесі “мокрого спалювання” вивільнюється зовсім мізерна частина силіцію сконцентрованої у органічній фракції зависей, яка руйнується за дії концентрованих сульфатної і нітратної кислот. Це можуть бути, наприклад, синьозелені та деякі інші, але аж ніяк не діатомові водорості, руйнування панцирів яких потребує більш жорстких умов. Тому гідротермальну обробку зависі, застосовану нами, слід вважати такою, що забезпечує повне вилучення силіцію із її складу.

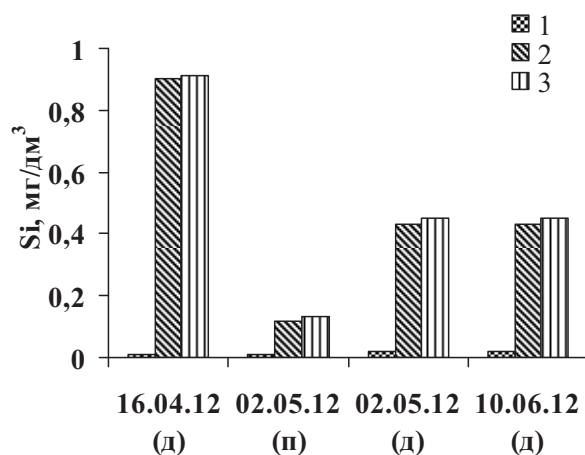


Рис 4. Величини концентрації $\text{Si}_{\text{зав}}$ у воді р.Тетерів залежно від способу пробопідготовки зависі для визначення в ній вмісту силіцію:

- 1 - після “мокрого спалювання”;
- 2 – після гідротермальної обробки завислих речовин;
- 3 – загальний вміст $\text{Si}_{\text{зав}}$ після використання обох методів; п, д – відповідно поверхневий і придонний горизонти

Стосовно сезонних змін вмісту $\text{Si}_{\text{розч}}$ слід зазначити, що мінімальні величини його концентрації спостерігались у травні в поверхневому та придонному горизонтах, тоді як в інші місяці вони зростали відповідно до $4,2\text{--}4,5$ та $4,4\text{--}6,5 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 1, рис. 2). Слід відмітити, що зниження концентрації $\text{Si}_{\text{розч}}$ у водній товщі припадає на весняні місяці з одночасним його зростанням у складі зависі, що, безумовно, пов'язано з розвитком діатомових водоростей (див. рис. 2). Іншими дослідниками [24, 28] також відмічається взаємозв'язок між зміною концентрації $\text{Si}_{\text{розч}}$ та розвитком цих водоростей. Розрахунки відносного вмісту силіцію у складі зависі дають підстави стверджувати, що саме розвиток діатомових водоростей призводить до зростання вмісту $\text{Si}_{\text{зав}}$ у воді, зокрема у поверхневому горизонті. Частка силіцію у складі зависі в цей період максимальна і становить $10,7\text{--}21,4$ та $12,9\text{--}15,0\%$ відповідно для поверхневого і придонного шарів (див. табл. 1).

Результати досліджень розподілу сполук силіцію за знаком заряду показали, що переважну частину розчиненого силіцію становила нейтральна фракція, частка якої досягала $94,8\text{--}98,9\%$ (табл. 2). Молекулярна маса сполук силіцію в цій фракції

на 97,8–99,6% не перевищувала 0,2 кДа, що свідчить про його переважне знаходження у вигляді мономерно-димерної форми силікатної кислоти (рис. 5, а).

Таблиця 2. Співвідношення сполук Si з різним знаком заряду у воді р.Тетерів (станція №1, поверхневий шар)

Дата відбору проб води	Загальна концентрація Si _{розч.} , мг/дм ³	Аніонна фракція		Катіонна фракція		Нейтральна фракція	
		мкг/дм ³	%	мкг/дм ³	%	мг/дм ³	%
05.11.2011	2,2	71,0	4,9	7,0	0,3	2,09	94,8
04.12.2011	3,1	31,0	1,0	6,0	0,2	3,06	98,8
03.01.2012	4,2	97,0	2,3	8,0	0,2	4,10	97,5
25.03.2012	4,3	43,0	1,0	4,0	0,1	4,25	98,9
16.04.2012	2,2	24,0	1,1	-	0,0	2,18	98,9
10.06.2012	2,1	67,0	3,2	8,0	0,4	2,02	96,4
06.10.2012	4,4	128,0	2,9	4,0	0,1	4,27	97,0

Частка розчиненого силіцію у складі аніонної фракції не перевищувала 1,0–4,9%. З одного боку, це може бути силікатна кислота у вигляді $[H_3SiO_4]^-$, а з іншого, силіційорганічні сполуки. Результати наших досліджень показали, що сполуки силіцію в аніонній фракції з молекулярною масою <0,2 кДа – це не що інше, як аніони силікатної кислоти, а сполуки з молекулярною масою >0,2 кДа, ймовірно, і є саме силіційорганічними. Їхня частка не перевищує 10,8–34,1% вмісту силіцію в аніонній фракції (рис. 5, б).

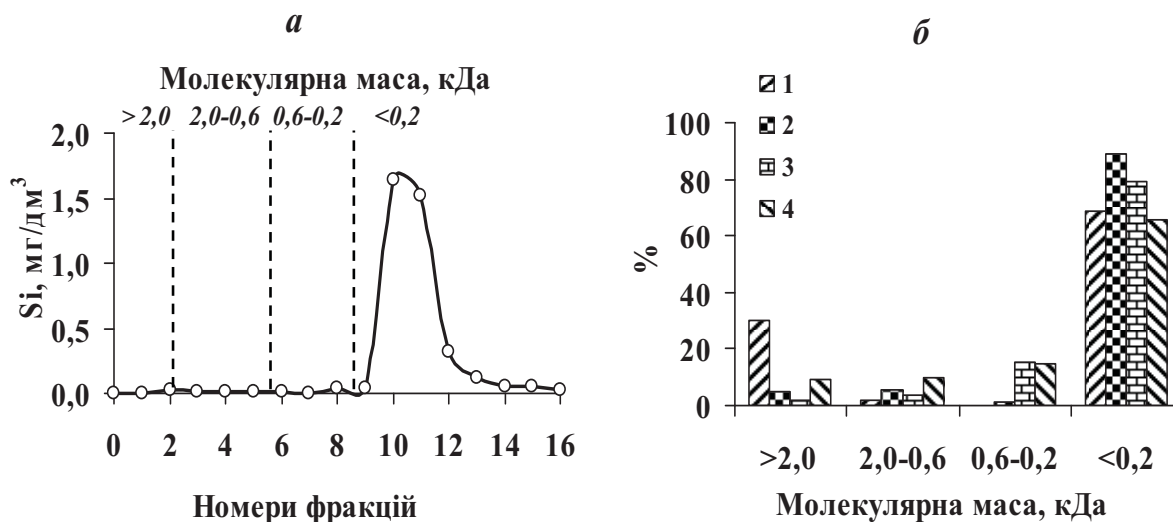


Рис. 5. Гель-хроматограма розподілу сполук силіцію у нейтральній фракції (а) та молекулярно-масовий розподіл сполук силіцію в аніонній фракції (б) у воді р.Тетерів (станція №1): 1, 2, 3, 4 – відповідно березень, квітень, червень і жовтень 2012 р.

Висновки. Загальна концентрація силіцію у воді р. Тетерів протягом 2011–2012 рр. знаходилась в межах 1,61–6,65 мг/дм³, причому розчинна його форма домінувала і становила 68,3–98,4%. Протягом року відбуваються сезонні зміни вмісту розчиненого та завислого силіцію, які зумовлені розвитком діатомових водоростей.

Між масою зависі і вмістом силіцію у складі завислих речовин існують тісні кореляційні зв'язки. Однак для придонного і поверхневого горизонтів води

коефіцієнти кореляції відрізняються своїми величинами та становлять відповідно 0,92 та 0,55.

Встановлено, що нейтральна фракція силіцію переважає над іншими та досягає 94,8–98,9 % $Si_{розч}$. У її складі домінують сполуки з молекулярною масою <0,2 кДа, частка яких становить 97,8–99,6 %.

Список літератури

1. Айлер Р. Химия кремнезема : Пер. с англ / Р. Айлер. – М. : Мир, 1982, Ч. 1. – 416 с.
2. Аналітична хімія поверхневих вод / [Набиванець Б. Й., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б.]. – К. : Наукова думка, 2007. – 455 с.
3. Бетехтин А. Г. Курс минералогии / А. Г. Бетехтин. – М. : Госгеотехиздат, 1951. – 542 с.
4. 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.
5. Воронков М. Г. Кремний в живой природе / М. Г. Воронков, И. Г. Кузнецов. – Новосибирск : Наука, 1984. – 158 с.
6. Географічна енциклопедія України: в 3-х т. / відп. ред. О. М. Маринич та ін. – К. : “Українська енциклопедія” ім. М.П. Бажана, 1989–1993. – Т. 3: П–Я. – 480 с.
7. Геохимия кремнезема / Под ред. Н. М. Страхова. – М. : Наука, 1966. – 421 с.
8. Гинзбург И. И. Содержание кремнезема в природных водах / И. И. Гинзбург, Е. С. Кабанова // Кора выветривания. – 1960. – Вып. 3. – С. 313–342.
9. Гідробіологія і гідрохімія річок Правобережного Придніпров'я / [Поліщук В. В., Трав'янюк В. С., Косенко Г. Д., Гарасевич І. Г.]. – К. : Наук. думка, 1978. – 271 с.
10. 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.
11. Гусева К. А. Причины периодичности в развитии фитопланктона Учинского водохранилища / К. А. Гусева // Бюл. Моск. о-ва исп. Природы. Отд. биол. – 1947. – Т. LII (6). – С. 49–62.
12. Ивлев А. М. Биогеохимия / А. М. Ивлев. – М. : Высшая школа, 1986. – 127 с.
13. Костриця М. Ю. Географія Житомирської області / М. Ю. Костриця. – Житомир : Житомирський вісник, 1993. – 198 с.
14. Краткая географическая энциклопедия : в 2-х тт. / [под. ред. А. А. Григорьева] – М. : Наука, 1964. – Т. 4.– 448 с.
15. Линник П. М. Методичні аспекти дослідження форм знаходження силіцію у природних поверхневих водах / П. М. Линник, Т. П. Дика // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 1(26). – С. 8–18.
16. Мышляева Л. В. Аналитическая химия кремния / Л. В. Мышляева, В. В. Краснощеков. – М. : Наука, 1972. – 212 с.
17. Національний атлас України / за ред. Л.Г. Руденка. – К. : ДНВП “Картографія”, 2007. – 440 с.
18. Никаноров А. М. Гидрохимия / А. М. Никаноров. – СПб. : Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
19. Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1989. – 528 с.
20. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
21. Тимченко В. М. Гидрологические факторы формирования гидробиологического режима Дуная и лиманов Северо-Западного Причерноморья / В. М. Тимченко // Гидробиология Дуная и лиманов Северо-Западного Причерноморья. – К. : Наук. думка, 1986. – С. 3–19.
22. Топачевський О. В. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Т. XI. Діатомові водорості – *Bacillariophyta* (Diatomeae) / О. В. Топачевський, О. П. Оксіюк. – К.: Вид-во АН УРСР, 1960. – 412 с.
23. Филатов К. В. Силикатные воды и их место в горизонтальной гидрохимической зональности / К. В. Филатов // ДАН СССР. – 1961.– Т. 138, №3. – С. 63–66.
24. Ходоровская Н. И. Исследование влияния концентраций кремния и фосфора на развитие диатомовой микрофлоры водоема / Н. И. Ходоровская, М. В. Стурова // Изв. Челябинского науч. центра. – 2002. – Вып. 2 (15). – С. 50–53.
25. Berthon G. Aluminium speciation in relation to aluminium bioavailability, metabolism and toxicity / G. Berthon // Coordination Chemistry Reviews. – 2002. – Vol. 228. – P. 319–341.
26. Gilpin L. C. The influence of changes in nitrogen: silicon ratios on diatom growth dynamics / L. C. Gilpin., K. Davidson, E. Roberts // Journal of Sea Research. – 2004. – Vol. 51. – P. 21– 35.
27. Dissolution of silica and the development of concentration profiles in freshwater sediments / W. A. House, F. H. Denison, M. S. Warwick, B. V. Zhmud // Applied Geochemistry. – 2000. – Vol. 15. – P. 425–438.
28. Hunt D. T. E. Dissolved silicon in a North Wales catchment of high relief / D. T. E. Hunt, P. Foster // Water Res. – 1985. – Vol. 19, №4. – P. 415–421.
29. Exley C. The reaction of aluminium with silicic acid in acidic solution: an important mechanism in controlling the biological availability of aluminium? / C. Exley, C. Schneider, F. J. Doucet // Coord. Chem. Reviews. – 2002. – Vol. 228. – P. 127–135.
30. Katsutoshi K. Silica in the sea its forms and dissolution rate / K. Katsutoshi, N. Masakishi // Deep-Sea Research. – 1975. – Vol. 22. – P. 323–338.

Вміст та форми знаходження силіцію у воді річки Тетерів

Дика Т.П., Жежеря В.А., Линник П.М.

Розглянуто результати досліджень вмісту та форм знаходження силіцію у воді р.Тетерів. Встановлено, що силіцій мігрує переважно у розчинній формі, частка якої становить 68,3–98,4% його загального вмісту. Розчинна форма силіцію на 94,8–98,9% представлена нейтральною фракцією, у складі якої переважають сполуки з молекулярною масою <0,2 кДа. Їхня частка становила 97,8–99,6%. Між масою зависі і вмістом силіцію у її складі наявний кореляційний зв'язок. Значення коефіцієнта кореляції для придонного і поверхневого горизонтів становили відповідно 0,92 та 0,55. Виявлено сезонні зміни вмісту розчиненого і завислого силіцію, які залежать від розвитку діатомових водоростей.

Ключові слова: силіцій; форми знаходження; завись; молекулярно-масовий розподіл; р.Тетерів.

Содержание и формы нахождения кремния в воде р.Тетерев

Дикая Т. П., Жежеря В. А., Линник П. Н.

Рассмотрены результаты исследований содержания и форм нахождения кремния в воде р. Тетерев. Установлено, что кремний мигрирует преимущественно в растворенной форме, доля которой составляет 68,3–98,4% его общего содержания. Растворенная форма кремния на 94,8–98,9% представлена нейтральной фракцией, в составе которой преобладают соединения с молекулярной массой <0,2 кДа. Их доля составляла 97,8–99,6%. Между массой взвеси и содержанием кремния в ее составе существует корреляционная связь. Значения коэффициента корреляции для придонного и поверхностного горизонтов составляли соответственно 0,92 и 0,55. Выявлены сезонные изменения содержания растворенного и взвешенного кремния, которые определяются развитием диатомовых водорослей.

Ключевые слова: кремний; формы нахождения; взвесь; молекулярно-массовое распределение; р.Тетерев.

The content and coexisting forms of silicon in water of the Teterev River

Dyka T. P., Zhezherya V.A., Linnik P.N.

Results of investigation of the silicon concentrations and its coexisting forms in water of the Teterev River were considered. It was established that silicon migrates mainly in dissolved state. The share of dissolved silicon in water of the Teterev River is 68,3–98,4% of its total content. The relative content of dissolved silicon in the composition of neutral fraction which was separated by the ion-exchange chromatography method is 94,8–98,9%. The relative content of compounds of neutral fraction with molecular weight <0,2 kDa reaches 97,8-99,6%. It was showed the correlation between the mass of the suspended substances and concentration of silicon in their composition. Correlation coefficient values for bottom and surface horizons of water were found to be 0,92 and 0,55 respectively. It was established that the seasonal changes of dissolved and suspended silicon concentrations depend from seasonal features of diatom population growth.

Keywords: silicon, speciation; suspension; molecular-weight distribution; the Teterev River.

Надійшла до редколегії 04.12.2012

УДК 504.57

Ганущак М. М., Тарасюк Н. А.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м.Луцьк

СУЧАСНИЙ ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ РІЧКИ СТИР В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ (на прикладі м. Луцьк)

Ключові слова: басейнова система, річкові води, гідрохімічні показники, сольовий склад річкових вод, джерела забруднення

Постановка проблеми та її значення. Зростання антропогенного впливу в межах басейну р. Стир призвело до активізації різних трансформаційних процесів, зміни екологічної ситуації. Особливої уваги на сьогодні заслуговує дослідження впливу міст на формування стану довкілля в межах цієї басейнової системи.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т.2(29)