

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПЕРХЛОРАТИВ У ВОДАХ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УКРАЇНІ

І.М. Андрусишина

ДУ "Інститут медицини праці НАМН України", м. Київ
e-mail: irina_andrei@voliacable.com

У статті обговорюється проблема антропогенного забруднення перхлоратами (ПХ) водного середовища та наслідки їх впливу на здоров'я людини. Також критично розглянуті фізико-хімічні методи визначення перхлоратів, придатні для аналізу вод різного призначення. У роботі представлені результати пілотних досліджень по вивченню вмісту перхлоратів у питній та природних водах м. Києва та деяких регіонів України. Приведено порівняльну оцінку визначення ПХ непрямим атомно-абсорбційним методом (ААС) та методом іонообмінної хроматографії (ІХ). Виявлено, що середній вміст ПХ у воді був вищим за норматив ЕРА у 4-400 разів по Києву та у 12-23 рази в деяких регіонах України. Показано переважне забруднення ПХ колодязної води. Встановлено високий вміст ПХ у природній воді східних регіонів України. Отримані дані можуть бути використані при перегляді гігієнічних нормативів для ПХ у питній воді.

Ключові слова: перхлорати, фізико-хімічні методи визначення, питна та природна вода.

Вступ

В умовах інтенсивного антропогенного забруднення перхлоратами (ПХ) довкілля, охорона водних ресурсів є однією з актуальних проблем. Проте, якщо абіотичний хімічний склад води, особливо важких металів, активно досліджується в Україні, то проблема забруднення водного середовища ПХ залишається поза увагою дослідників. В той же час зарубіжними науковцями проводяться масштабні дослідження в цьому напрямку [1-6].

Останніми роками експерти Міністерства з охорони навколишнього середовища у США (Environmental Protection Agency - EPA) ініціювали серйозні дослідження по вивченню забруднення природного середовища перхлоратами (ПХ) та їх впливу на здоров'я людини. Було показано, що вплив ПХ призводить до небезпечних для здоров'я людини наслідків – порушення функції щитоподібної залози, нервової кісткової та сполучної тканини, канцерогенної дії на організм [4-5]. Було показано, що головним джерелом надходження ПХ у організм людини є вода [6-10].

Солі ПХ, зокрема амоній перхлорат, є складовою частиною ракетного палива; використовуються у виробництві вибухівки та піротехнічних засобів, а також у повітроплаванні, у гальваніці; застосовується при обробці шкіри і фарбуванні тканин, у виробництві гуми, фарб та емалей [5-8]. ПХ також можуть входити до складу забруднюючих домішок у нітратних добривах, як дефоліанти та десіканти - при вирощуванні сільськогосподарських культур. Відомо, що ПХ, які містять хлорвмістні сполуки, є наслідком хлорування водопровідної води і т.д. [1-6]. У 1999 р. EPA опублікувало інформацію у журналі "Environmental Science and Technology", що звичайні садові добрива також можуть містити 0,15-0,84 % ПХ [1,5].

Небезпека впливу ПХ на людину полягає у його високій стійкості в оточуючому середовищі. ПХ через подібність у розмірах та гідратації іону конкурує з йодидом гормонів щитоподібної залози. Таким чином, через ризик для здоров'я людини у США ПХ внесений у перелік сполук, які потребують перегляду ГДК. Останніми роками, завдяки розробці нових високочутливих методів аналізу ПХ, у різних водних середовищах були визначені рівні вмісту ПХ. Так, вміст ПХ у питній воді у США було переглянуто і сьогодні він становить 6 мкг/дм³. Експертами EPA встановлено офіційну «безпечну дозу» для ПХ, яка становить 0,0007 мг на 1 кг маси людини на 1 добу, що в перерахунку на вміст ПХ у питній воді при добовому надходженні складає 0,0245 мг/дм³ [4-6].

Проблема забруднення ПХ довкілля і наслідки їхнього впливу на навколишнє середовище та здоров'я населення України також є актуальною. В Україні проводяться поодинокі дослідження у

цьому напрямку. Розроблено декілька методик по визначенню концентрацій ПХ у водних об'єктах [11,12].

Вище зазначене зумовило мету нашої роботи – провести дослідження по вивченню вмісту ПХ у питній, поверхневих та підземних водах деяких регіонів промислово розвинутих територій України.

Матеріали та методи досліджень

Були проведені дослідження по визначенню вмісту ПХ у 347 пробах питної води та воді поверхневих і підземних водних джерел Київської області та деяких регіонів України (2006-2009 р.р.). Проби води відбирали відповідно до вимог ГОСТу 2448-80 „Вода питьевая. Отбор проб”[13]. Вміст ПХ у воді визначався непрямим атомно-абсорбційним методом (ААС) у модифікації [14,15,] та методом іонообмінної хроматографії (ІХ) [6,16]. Підготовку проб води для подальшого визначення ПХ проводили шляхом деструкції органічних речовин та сорбційного концентрування проб. Математичну обробку отриманих результатів виконували за допомогою методів варіаційної статистики з використанням програм статистичного аналізу Microsoft Excel [17].

Результати та їх обговорення

У зв'язку з небезпекою впливу ПХ на здоров'я людини виникла потреба їх оперативного контролю в об'єктах довкілля, зокрема, в поверхневих водах, ґрунтах та продуктах харчування. Для визначення малих кількостей ПХ у водах застосовуються різні фізико-хімічні методи: спектрофотометричні, електрохімічні, капілярний електрофорез, іонна хроматографія, мас-спектрометрія та ін. Характеристики деяких з методів надано у таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика різних методів визначення ПХ у об'єктах оточуючого середовища

Метод	Межа визначення	Джерело літератури	Об'єкт
Екстракційна фотометрія	1 мг/дм ³	Росоловский В.Я., 1966 Файгель Ф, Ангер В.,1978 Winker E et al.,2004	Вода
Полярографія та іонометрія	0,07 мг/дм ³	Росоловский В.Я., 1966 Urbansky E,1998	Вода
ААС у полум'ї	0,5 мг/дм ³	Collinson W.J.,1968	Вода
ВЕРХ та електрофорез	0,001 мг/дм ³	Urbansky E,1998, Fisher J. et al, 2000	Вода
Проточно-іжекційна масспектрометрія	0,000001 мг/дм ³	Magnuson M.L., et al, 2000	Вода
Іонообмінна хроматографія	0,003-0,004 мг/дм ³	Joseph J.,2000 Anderson N.,2002 Smith N.,2001 Ellington et al.,2001	Вода,тканини тварин, рослини, ґрунт, вода

Таблиця 3. Вплив хімічних сполук, які заважають визначенню ПХ у воді методом ААС

№ п/п	ПХ		Al ³⁺		Mg ²⁺		NO ₃ ⁻		NH ₄ ⁺	
	Внесено МКГ/СМ ³	Знайдено МКГ/СМ ³	Внесено МКГ/СМ ³	Знайдено МКГ/СМ ³	Внесено МКГ/СМ ³	Знайдено МКГ/СМ ³	Внесено МКГ/СМ ³	Знайдено МКГ/СМ ³	Внесено МКГ/СМ ³	Знайдено МКГ/СМ ³
1	0,5	0,32	0,5	0,88 ±0,0695	100	1,065 ±0,0035	100	3,113 ±0,2935	3,0	1,197 ±0,1355
Міра правильності (R, %)		66,67 ±2,73		178 ±23,26		1,07 ±0,005		3,11 ±0,47		39,89 ±7,30
2	0,5	0,32	0,25	0,638 ±0,0015	50	1,08 ±0,0175	50	1,39 ±0,2075	1,5	0,73 ±0,055
Міра правильності (R, %)		66,67 ±2,73		261,33 ±5,47		2,99 ±0,005		2,77 ±0,68		44,22 ±2,94
3	0,5	0,32	0,125	0,353 ±0,0185	25	0,515 ±0,0035	25	0,67 ±0,0165	0,75	0,32 ±0,025
Міра правильності (R, %)		66,67 ±2,73		281,33 ±23,28		2,06 ±0,02		2,66 ±0,11		44,44 ±1,82

Спектрофотометричні методи мають чутливість на рівні 0,01-0,20 мг/дм³, однак потребують попередньої рідинної екстракції із застосуванням токсичних органічних розчинників. Використання іон-селективних електродів дозволяє проводити аналіз на рівні 0,05-2,0 мг/дм³, але визначенню заважають Г⁻, NO₃⁻, гумінові речовини природних вод. Дослідники 70-80 років перевагу надавали гравіметричним, фотометричним та електрохімічним методам [6,17,18], які на теперішній час оцінюються як недостатньо чутливі (поріг визначення -1 мг/дм³). Відомий метод визначення перхлорат-іону непрямим атомно-абсорційним методом, в основу якого покладено екстракцію ПХ диметилфенантроліном міді, з межею виявлення 0,05 мг/дм³ [14,15]. Також близько 20 років відомі методи потенціометричного визначення ПХ та метод іон-селективного електроду (межа виявлення: 0,07 мг/дм³). Методи ААС, потенціометрії та іон-селективного електроду можуть бути використані при вивченні ПХ сьогодні [18]. Але наразі найбільш широко застосовуються методи іонообмінної хроматографії (чутливість методу становить 0,003-0,004 мг/дм³) [3,6] та проточно-іжекційної мас-спектрометрії (нижня межа визначення ПХ становить-10⁻¹² мг/дм³) [6,8,19].

В той же час слід відмітити, що діючий і сьогодні в Україні норматив ГДК ПХ (тільки по амонію перхлорату) у воді господарсько-побутового призначення станом на 1979 р. становить 5 мг/дм³ за санітарно-токсикологічним показником небезпечності, а хлорату натрію - 20 мг/дм³ за органолептичним показником. В той час як норматив для водойм рибно-господарського призначення становить 0,06 мг/дм³ (для калію перхлорату) [20,21]. Слід відмітити, що в останні роки у США допустимий норматив вмісту ПХ у питній воді різних штатів становить 0,001-0,006 мг/дм³.

Для порівняння слід відмітити, що прийнятий норматив ПХ у питній воді США встановлений за допомогою методу іонообмінної хроматографії, а діючий в Україні - за допомогою методів фотометрії.

У таблиці 2 представлені результати визначення ПХ методами ААС (визначення проводили на ААС «5100 Z PC» фірми Perkin Elmer США) та ІХ (визначення проводили на іонообмінному хроматографі марки 882 Compact IC plus з кондуктометричним детектором фірми “Донау лаб-Метром” (Швейцарія). Результати, що отримані при визначенні методом ААС вищі у 2-4 рази порівняно з результатами визначення методом ІХ. Вищий вміст ПХ при визначенні методом ААС обумовлений тим, що даний метод менш чутливий порівняно з ІХ (0,05 мг/дм³ проти 0,001 мг/дм³) і має матричні завади (Al³⁺, Mg²⁺, NO₃⁻, NH₄⁺). Однак, метод ААС може бути використаний при визначенні більших рівнів вмісту ПХ у воді.

Таблиця 2. Порівняння методів ААС та ІХ визначення ПХ у воді різного походження

Тип води	Метод аналізу		ГДК, мг/дм ³
	ААС (M±m, мг/дм ³)	ІХ (M±m, мг/дм ³)	
Загальний вміст	0,003 ± 0,005	0,0013 ± 0,005	5,0
Водопровідна	0,004± 0,002	0,0020 ± 0,004	-
Артезіанська	0,001± 0,0001	0,0004 ± 0,0001	-
Природна	0,002± 0,002	0,008± 0,0025	0,06

З таблиці 3 видно, що найбільш заважаючою домішкою для визначення ПХ є нітрат– іон, потім аміак, магній і алюміній у випадку, коли останні визначаються у воді на рівні вмісту ГДК.

У випадку, коли заважаючі компоненти знаходяться у розчині у концентрації, рівній 2 ГДК, найбільш заважають визначенню нітрат-іон та аміак. У випадку, коли заважаючі домішки катіонів та аніонів знаходяться у концентрації, що дорівнює 1 ГДК, знову найбільш впливовим є нітрат-іон та магній, а у випадку ½ ГДК - найбільш заважає визначенню нітрат-іон. Солі алюмінію менше заважають визначенню ПХ.

Данні щодо вмісту ПХ у воді різних районів Києва подано у таблиці 4. Відмічено незначні коливання рівнів рН, які знаходилися в межах нормативних значень. Виявлено найбільший вміст ПХ у правобережній частині міста, зокрема, у Солом'янському районі (0,009 мг/дм³). Значний вміст ПХ (при порівнянні з нормативом ЕРА) можливо обумовлений тим фактом, що саме правобережжя отримує воду змішану, в той час як лівобережжя - тільки Деснянську воду.

Таблиця 4. Деякі показники водопровідної води в залежності від району м. Києва

Райони	рН	ПХ, мг/дм ³
Дарницький	7,76 ± 0,30	0,003 ± 0,001
Деснянський	7,78 ± 0,12	0,001 ± 0,0001
Дніпровський	6,87 ± 0,37	0,006 ± 0,0025
Оболонський	6,79 ± 0,32	0
Печерський	7,53 ± 0,04	0
Подольський	7,99 ± 0,26	0,008 ± 0,004
Солом'янський	7,62 ± 0,01	0,009 ± 0,004
Святошинський	7,35 ± 0,24	0,008 ± 0,004
Голосіївський	7,52 ± 0,36	0,008 ± 0,003
Шевченківський	7,22 ± 0,78	0

Проведені дослідження показали, що рН води достовірно не відрізнявся від нормативних значень. В той же час у воді водного басейну Київської області середня концентрація ПХ (табл.5) не перевищувала нормативні значення, які на даний час діють в Україні (для амонію перхлорату - 5 мг/дм³), але порівняно з нормативами, прийнятими останніми роками у США (від 0,001 до 0,006 мг/дм³), була у 4-400 разів вища. Найбільші рівні ПХ виявлені у ґрунтових водах (у криницях - 0,12 мг/дм³).

Таблиця 5. Залежність деяких показників води від виду водного джерела Київської області

Показники	Водо-провідна	Артезі-анська	Річкова	Колодязна	Нормативи		
					ДСанПіН 2.2.4-171-10 [20], ГОСТ 27384-2002 [21]	ЕС [13]	ЕРА [2]
рН	7,14 ± 0,23	7,48 ± 0,14	7,02 ± 0,27	6,70 ± 0,29	6,0-9,0	6,5-8,5	7,5
ПХ, мг/дм ³	0,009 ± 0,006	0,004 ± 0,001*	0,006 ± 0,002	0,123 ± 0,05*	0,06 (риб-хоз), 5 (питна)		0,001-0,006

Примітка * вірогідність коливань між водопровідною водою та іншими видами (P ≤ 0,05)

У таблиці 6 надано результати визначення рівнів рН та ПХ у різних типах вод України, відібраних у 14 регіонах країни - Закарпатській, Тернопільській, Житомирській, Київській, Чернігівській, Сумській, Полтавській, Кіровоградській, Дніпропетровській, Миколаївській,

Херсонській, Запорізькій, Луганській областях та автономній республіці Крим. З таблиці видно, що рівень рН у різних водах України не перевищував нормативних значень ГДК. Однак, виявлено найбільше забруднення за ПХ водопровідної та артезіанської води при порівнянні з рівнем, що прийнятий, як норма у США (0,001-0,006 мг/дм³). Рівні ПХ у водопровідній, артезіанській та річкової водах при порівнянні з нормативом ЕРА, відповідно, були більші у 16, 12 та 23 рази. Слід звернути увагу на той факт, що прийнятий норматив ГДК ПХ у воді господарсько-побутового використання, який діє на території України з 1986 р., є вищим у 1000 разів від ГДК, прийнятого в останні роки у США (5 мг/дм³ порівняно з 0,001-0,006 мг/дм³ для питної води).

Таблиця 6. Залежність деяких показників води від виду вододжерела регіонів України

Показники	Водо- провідна	Артезі- анська	Річкова	Колодязна	Нормативи		
					ДСанПіН 2.2.4- 171-10 [20], ГОСТ 27384- 2002 [21]	ЕС [13]	ЕРА [2]
рН	7,41± 0,18	7,59 ± 0,08	7,24 ± 0,22	6,95 ± 0,26	6,0-9,0	6,5-8,5	7,5
ПХ, мг/дм ³	0,015 ±0,006	0,011± 0,007	0,004± 0,002*	0,007± 0,004*	0,06 (риб-хоз), 5 (питна)		0,001- 0,006

Дані щодо вмісту ПХ у водопровідній воді різних регіонів України представлено на рис.1. Виявлено високі рівні вмісту ПХ у водопровідній воді Кіровоградської, Сумської, Полтавської та Житомирської областей (біля 0,05 мг/дм³). В межах 0,039 - 0,043 мг/дм³ встановлено вміст ПХ у водопровідній воді Дніпропетровської, Луганської та Тернопільської областей. Ще нижче рівні були у Харківській, Хмельницькій та Донецькій областях та АР Крим (0,027 мг/дм³). В межах норми, при порівнянні з ГДК ЕРА, був рівень ПХ у водопровідній воді Київської, Закарпатської, Миколаївської та Запорізької областей (0,008-0,018 мг/дм³).

Отримані результати добре співвідносяться з даними різних джерел літератури про забруднення Східних областей України важкими металами та іншими ксенобіотиками [3,15].

Таким чином, на території Київської області та в деяких регіонах України вміст ПХ у підземних та наземних водах варіював у широких межах, що пояснюється геохімічними особливостями території розташування водного джерела, участі у геофізичних та у біохімічних процесах, антропогенним впливом на довкілля.

В таблиці 7 подано порівняння результатів визначення вмісту ПХ у різних водних джерелах України та США, які були отримані, відповідно, у лабораторії аналітичної хімії та моніторингу токсичних сполук Інституту медицини праці НАМН України та за даними літератури. Порівняння даних свідчить, про значно більший вміст ПХ у ґрунтових водах обох країн, а вміст ПХ у водопровідній та у поверхневій водах відносно однаковий, як за власними результатами досліджень, так і за даними різних джерел літератури [1,2,4-7-10].

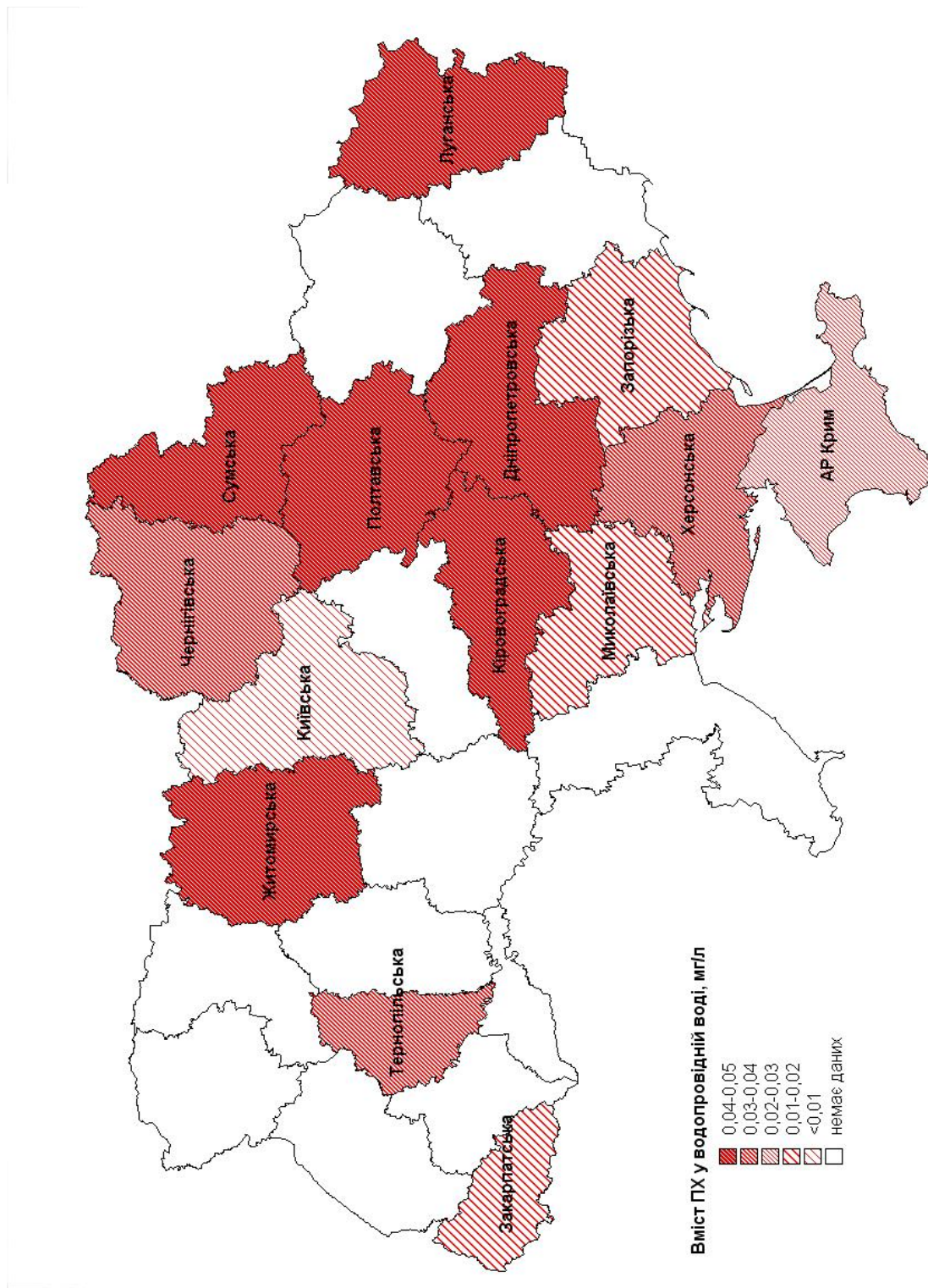


Рис.1. Вміст Pb у водопровідній воді в регіонах України.

Таблиця 7. Порівняння результатів визначення ПХ у воді за даними літератури та власними

Об'єкт дослідження	Власні результати (мг/дм ³)	Дані літератури (мг/дм ³)	Джерело літератури
Вода водопровідна (питна)	0,004-0,023	0,018-0,28 0,005-0,12 0,018 0,004-0,20 0,018-0,0323	EPA,1998 [1] Gibbs J.P. , et al.,2004 [10] Greer M. et al., 2002 [9] EPA,2006 [2] Perchlorate news,2006 [8]
Вода ґрунтова	0,004-0,56	0,03-0,28 0,008-3,7 0,004-0,42	EPA,1998 [1] Urbansky E.T.,1998 [6] EPA, 2006 [2]
Вода поверхнева (річки та озера)	0,004-0,012	0,004-0,016 0,030-0,77 0,005-0,011 0,004-0,067	EPA,1998 [1] Smith F., 2004 [7] Greer M.,2002 [9] EPA,2006 [2]

Таким чином, проведені дослідження дозволяють дати гігієнічну оцінку вмісту ПХ у воді різних джерел Київської області та деяких регіонів України, і можуть бути використані при подальших дослідженнях для наукового обґрунтування і перегляду нормативів ПХ для України. В той же час, необхідність перегляду нормативу ПХ потребує подальших досліджень для наукового обґрунтування та перегляду гігієнічних нормативів цих показників з метою поліпшення підходів в оцінці якості та безпечності водокористування.

Висновки

1. Проблема антропогенного забруднення перхлоратами (ПХ) водного середовища України потребує подальших ретельних досліджень через наслідки небезпечного впливу на здоров'я людини.
2. Існуючі фізико-хімічні методи визначення перхлоратів мають різну межу визначення, але найбільш придатними для визначення ПХ є методи іонообмінної хроматографії (нижня межа визначення становить 0,003-0,004 мг/дм³) та проточно-інжекційної мас-спектрометрії (нижня межа визначення становить 10⁻¹² мг/дм³).
3. Порівняльний аналіз визначення ПХ методами ААС та ІХ показав, що визначення методом ААС дає вищі у 2-4 рази результати. Вищий вміст ПХ при визначенні методом ААС обумовлений тим, що метод менш чутливий, порівняно з ІХ, і має матричні завади. Однак, метод ААС може бути використаний при визначенні більших рівнів вмісту ПХ у воді.
4. Результати власних досліджень показали, що вміст ПХ у питній воді м. Києва та деяких регіонів України вищий за норматив EPA у 4-400 разів (по Києву) та у 12-23 рази в деяких регіонах України. При цьому відбувається переважне забруднення ПХ колодязної води.
5. Порівняння власних даних з даними літератури свідчить про значно більший вміст ПХ у природних водах як України (зокрема, встановлено високий вміст ПХ у природній воді східних регіонів України), так і США, а вміст ПХ у водопровідній воді відносно однаковий.
6. Отримані дані можуть бути використані для наукового обґрунтування та перегляду гігієнічних нормативів для вмісту ПХ у питній воді з метою поліпшення підходів в оцінці якості та безпечності водокористування.

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПЕРХЛОРАТОВ В ВОДАХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УКРАИНЕ

И.Н. Андрусихина

ГУ "Институт медицины труда НАМН Украины", г. Киев

e-mail: irina_andrei@voliacable.com

В статье обсуждается проблема антропогенного загрязнения перхлоратами (ПХ) водной среды и последствия их влияния на здоровье человека. Также критически рассмотрены физико-химические методы определения перхлоратов, пригодные для анализа различных типов вод. В работе представлены результаты пилотных исследований по изучению содержания перхлоратов в питьевой и природной воде г. Киева и некоторых регионов Украины. Дана сравнительная оценка определения ПХ непрямым атомно-абсорбционным методом (ААС) и методом ионообменной хроматографии (ИХ). Выявлено, что среднее содержание ПХ было выше норматива ЕРА в 4-400 раз по Киевской области и в 12-23 раза в некоторых регионах Украины. Показано преимущественное загрязнение ПХ колодезной воды. Выявлено высокое содержание ПХ в природных водах восточных регионов Украины. Полученные данные могут быть использованы при пересмотре гигиенических нормативов для ПХ в питьевой воде.

Ключевые слова: перхлораты, физико-химические методы определения, питьевая и природная вода.

ENVIRONMENTAL AND HYGIENIC MONITORING OF PERCHLORATES IN WATERS OF DIFFERENT USE IN UKRAINE

I. Andrusishyna

SI⁷ Institute for Occupational Health NAMS⁷, Kiev, Ukraine

e-mail: irina_andrei@voliacable.com

The problem of anthropogenic pollution of the water environment by perchlorate (Pch) and its effect on the human health is discussed in the papers. Also, the physical-chemical methods of Pch determination, which can be used for analyses in various waters, are critically considered. The results of pilot researches on the content of studying Pch in drinking and natural waters in Kiev and some other regions of Ukraine are shown. The comparative assessment of determining Pch by indirect method of atomic absorption (AAS) and method of ion-exchange chromatography (IX) is given. The average content of Pch exceeded the EPA standards by 4-400 times in Kiev area and by 12-23 times in other regions of Ukraine. The preferential contamination of the water with Pch in the wells was determined. The high content of Pch in natural water of eastern regions of Ukraine was revealed. The obtained data can be used for revising hygienic standards for Pch in the drinking water.

Key words: perchlorate, physical-chemical methods, drinking and natural waters.

References:

1. Perchlorate environmental contamination: toxicological review and risk characterization based on emerging information. US EPA, ORD, Washington, DC, NCEA-1-0503, draft, 1998, 164 p.
2. Perchlorate environmental contamination: toxicological review and risk characterization based on emerging information. US EPA, ORD, Washington, DC, NCEA-1-0503, draft, 2006, 252 p.
3. Kundiev Y.I., Tronko M.D., Andrusishyna I.M. Perhlorati jak chinnik riziku dlja zdorov'ja ljudini [Perchlorates as a risk factor for health]. *Endokrinol*, 2006, vol. 11, no. 2, pp. 236-248.
4. Dahl R. Perchlorate debate grows. *Env.Health Perspec*, 2004, vol. 112, no. 10, 546 p.
5. Juberg D.R. Perchlorate in drinking water: scientific collaboration in defining safety. *American Council on Science and Health*, 2002. Available at: [http://www.acsh.org/publications/reports/perchlorate 2002.pdf](http://www.acsh.org/publications/reports/perchlorate%202002.pdf)

6. Urbansky E.T. Perchlorate Chemistry: Implications for analysis and remediation. *Biochem.*, 1998, vol. 2, no. 2, 81-95 p. doi:10.1080/10889869891214231
7. Smith N.P., Theodorakis Ch. W., Anderson T.A., Kendall R.J. Preliminary assessment of perchlorate in ecological receptors at longhorn army ammunition plant (LHAAP). *J. Occup. Environ. Med*, 2001, no. 4, pp. 409-422. doi:10.1023/A:1016715502717.
8. Perchlorate News: News about the treatment of Perchlorate contamination, 2003, 2p., Available at: <http://www.perchloratenews.com>.
9. Greer M.A., Goodman G., Pleus R.C., Greer S.E. Health effects assessment for environmental perchlorate contamination of thyroidal radioiodine uptake in humans. *Environ. Health Perspect*, 2002, vol. 110, no. 9, pp. 927-937.
10. Gibbs J.P., Ahmad R., Crump K.S. Evaluation of a population with occupational exposure to airborne ammonium perchlorate for possible acute or chronic effects on thyroid function. *J. Occup. Environ. Med*, 2004, no. 40, pp. 1072-1082.
11. Zuj O.V., Kushhevs'ka N.F., Goncharuk V.V. *Sposib viznachennja perhloratu u vodnomu rozchini (varianti)* [Method for determination of perchlorate in water solution (options)]. Patent UA, no. 83434, 2008.
12. Himchenko S.V., Eksperiandova L.V., Blank A.B., Goncharuk V.V., Kushhevs'ka N.F., Dolenko S.O. *Sposib viznachennja perhloratu* [Method for determination of perchlorate]. Patent UA, no. 84073, 2008.
13. Voda pitna. Normativni dokumenti [Drinking water. Regulations]. Lviv, "Leonorm – standart", 2001, vol. 2, 234 p.
14. Collinson W.J., Boltz D.F. Indirect spectrophotometric and atomic absorption spectrometric methods for determination of perchlorate. *Anal. Chem*, 1968, vol. 40, no. 12, pp. 1896-1898. doi: 10.1021/ac60268a035
15. Andrusishina I.M. Analytical methods in monitoring perchlorate ion [Proc. 2th Int. Symp. “ Clean environment in our city”]. Truskavec, 2004, pp. 61-63.
16. Nolte J. Fast and reliable analysis of wasterwater sludges with a scanning ICP emission spectrometer. *Perkin Elmer instruments. Environmental application note*, 1999, 8 p.
17. Antomonov M.Y. *Matematicheskaja obrabotka i analiz mediko-biologicheskikh dannyh* [Mathematical processing and analysis of biomedical data]. Kyiv, 2006, 558 p.
18. Zuj O.V., Kushhevskaja N.F., Goncharuk V.V. Bezjekstrakcionnoe opredelenie malih kolichestv perhlorata v vodah [Non extraction identificatin of the small quantaties of perchlorate in water]. *Chemistry and technology of water*, 2008, vol. 30, no. 5, pp. 509-520.
19. Chimchenko S.V., Eksperiandova L.P. *Metody opredelenija perhloratov v laboratornyh i polevyh uslovijah* [Methods for determination of perchlorate in laboratory and field conditions]. *Methods and objects of chemical analysis*, 2009, vol. 4, no. 2, pp. 108-112.
20. DSanPiN 2.2.4-171-10. Gigienichni vimogi do vodi pitnoyi, pryznachenoyi dlya spozhyvannya lyudynoyu [State Standard 2.2.4-171-10. Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. Standartinform Publ., 2010. 49 p.
21. State standard 27384-2002. Water. Norms inaccuracy measurements of composition and properties. Moscow, Standartinform Publ., 2002. 7 p. (in Russian)