

АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ І ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ПРИ СПОЖИВАННІ ТА КОНДИЦІОНУВАННІ ВОД ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ФТОРУ

У статті наведено дані про поширення природних вод із підвищеним вмістом йонів Фтору в Україні, зокрема, в західному її регіоні. Відзначено вплив йонів Фтору на здоров'я людей та довкілля. Проаналізовано головні методи очищення природних вод від сполук Фтору та можливість вторинного забруднення довкілля під час перебігу відповідних технологічних процесів знефторювання. Розроблено схему зв'язків між природними та антропогенними процесами за участю фторо-вмісних вод та виникнення ризиків для довкілля та людей.

Ключові слова: природні води, йони Фтору, ризики; очищення, вторинне забруднення

Вступ і постановка проблеми

Екологічний ризик — це явище небезпеки потенційного порушення стосунків живих організмів з навколишнім середовищем внаслідок дії природних, антропогенних та техногенних чинників. Екологічний ризик зумовлений вразливістю живих організмів, передусім людей, внаслідок зміни умов існування під дією не тільки техногенного навантаження на довкілля, але й природних чинників. Відтак його можна розділити на дві складові: ризик для живої природи (біоекологічний) та ризик для людини (антропо-екологічний). Обидві складові ризику важливі для суспільства, особливо коли їх прояви й наслідки збігаються або провокують одна одну. Тому виявлення причин виникнення можливих ризиків на різних рівнях (екоценозу, соціуму тощо) та в різних масштабах дасть змогу розробити комплекс правових, освітніх і природоохоронних заходів, до яких фізично, соціально-економічно, технологічно і політично готове суспільство чи, навіть, окремі громади, що, в підсумку, забезпечить екологічний баланс в окремих регіонах та у світі в цілому.

Одним із проявів екологічного і, як наслідок, соціального ризику є вплив на здоров'я людей складу питної води. Як відомо, серед показників питної води, які визначають фізіологічну повноцінність її мінерального складу, є вміст Фтору. На відміну від інших аналогічних показників допустима концентрація цього елемента коливається у дуже вузьких межах – від 0,7 до 1,5 мг/дм³. Недостатня концентрація йонів Фтору, а відповідно і недостатнє його надходження в організм може спричинити карієс, дефекти мінералізації кісток дітей. Але ще більшої шкоди завдає надмірний вміст цього йону у воді [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Головним завданням, яке вирішується в технологіях кондиціонування природних вод стосовно йонів Фтору, є їх вилучення із води. Так, вилучення йонів Фтору запропоновано здійснювати безреагентними (мембранні та електрохімічні) та реагентними (сорбційні, іонообмінні та зв'язування в малорозчинні сполуки) методами. До мембранних методів зокрема належать діаліз та нанофільтрація [2]. Електрохімічні процеси відбуваються за участі електричного струму [3] і реалізуються як технології електролізу та електрокоагуляції.

Реагентні методи полягають у застосуванні реагентів вибіркової дії, що селективно взаємодіють з йонами Фтору з утворенням малорозчинних сполук. Їх поділяють на оборотні (іонообмінні [4], сорбційні [5]) та необоротні [6]. Оборотні найбільш придатні для концентрування розчинів, оскільки після регенерації іонітів чи сорбентів утворюються розчини з вищими концентраціями йонів Фтору, ніж у вихідних.

Загальним недоліком перерахованих вище процесів є те, що в жодному з них утилізації вторинних продуктів очищення фторвмісних вод, як-от: потоків води, що утворюються внаслідок реалізації безреагентних методів, продуктів взаємодії реагентів з йонами Фтору, відпрацьованих сорбентів тощо, належної уваги не надається. Відповідно не враховують супутні ризики, які можуть виникати під час реалізації вказаних технологій очищення вод.

Мета роботи полягала в оцінці екологічних ризиків, що виникають внаслідок поширення й споживання фторвмісних природних вод, а також тих, що зумовлені здійсненням процесів знефторювання води.

Основна частина

Для зменшення негативного впливу сполук фтору на довкілля та здоров'я людей необхідно проаналізувати причинно-наслідковий зв'язок між походженням й використанням природних вод із підвищеним вмістом Фтору та виникненням відповідних певних ризиків (рис. 1).

До територій підвищених природних і техногенно-екологічних ризиків, зумовлених підвищеним вмістом Фтору, належать Львівська, Одеська та Полтавська області, що розташовані відповідно в Волинсько-Подільському, Дніпровському та Причорноморському артезіанських басейнах [7, 8]. Окремі райони на цих територіях характеризуються локальним підвищенням вмісту Фтору у підземних водах. Окрім того, понаднормова середня концентрація йонів Фтору притаманна підземним водам Кіровоградської, Дніпропетровської та Донецької областей.

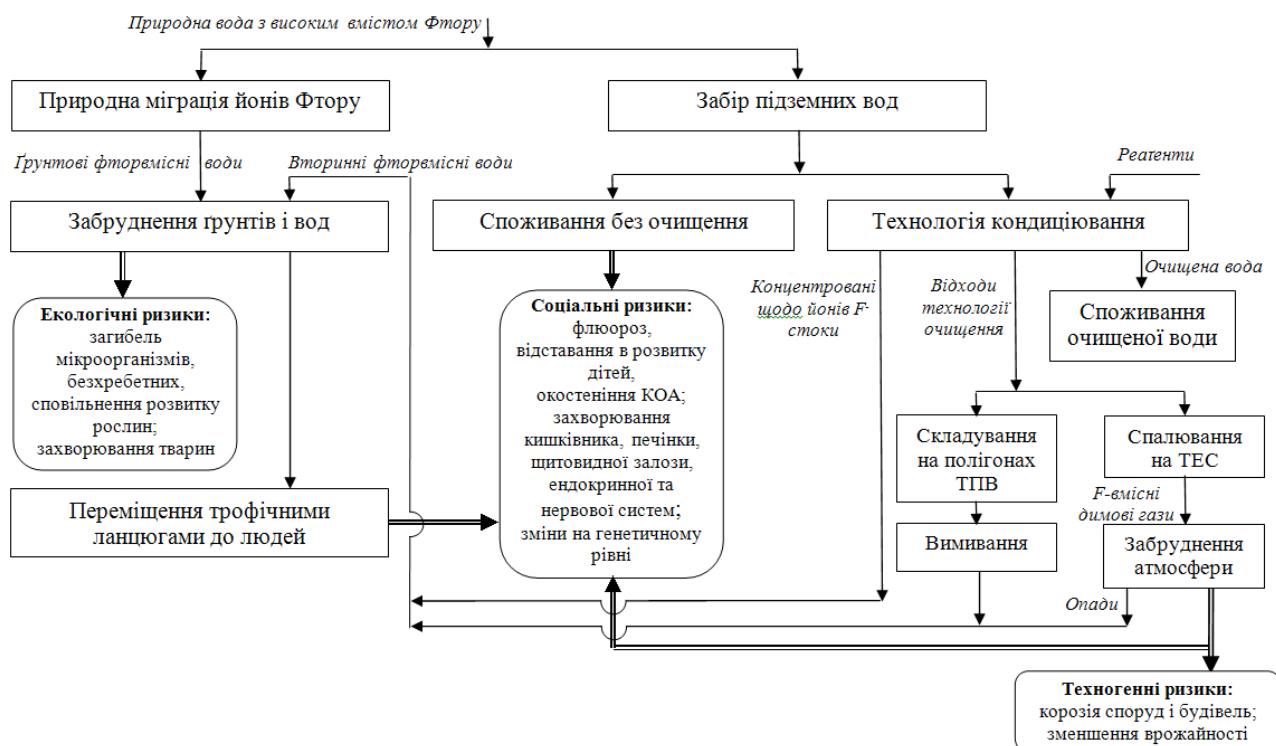


Рис. 1. Принципова спрощена схема взаємозв'язку природних та антропогенних процесів за участю фторвмісної води та спричинених унаслідок цього ризиків для довкілля та людини

Артезіанські води Волино-Подільського басейну переважно характеризуються незначним вмістом йонів Фтору – до 0,3 мг/л. Але в межах Червоноградського району, що належить до територій з інтенсивним розвитком гірничодобувної промисловості, спостерігається підвищення концентрацій сполук Фтору. Так, у водах колодязів ряду населених пунктів – міст Сокаль, Червоноград, Соснівка та у водах водозаборів Соснівський, Межирічанський,

Бендюжський, Борятинський, Правдинський вміст Фтору внаслідок техногенних змін збільшився до 4,0 – 5,0 мг/л, а в районі с.Топорів сягає 6,0 мг/л.

На Одещині підвищений вміст Фтору у водах виявлено лише на локальних ділянках в зоні Арцизького розлому: формування фтороносних вод відбувається через надходження глибинних високомінералізованих підземних вод. В окремих випадках спостерігається різке збільшення вмісту фтору у воді – до 7,0 мг/л (міста Татарбунари, Тарутіно).

У Полтавській області в бучаксько-канівському водоносному комплексі у підземних водах, що локалізовані в породах з фосфоритовими вклученнями, вміст Фтору дорівнює 1,5... 3,8 мг/л, а на території так званої Бучакської фтороносної гідрогеологічної провінції концентрація Фтору дорівнює 2,5... 4,5 мг/л. Надходження йонів Фтору в підземні води зумовлене порушенням рівноваги під час розчинення фосфоритовмісних порід та тектонічних зрушень. У районі газових і нафтових родовищ, які знаходяться на захід від м. Миргород, води містять до 4 мг/л йонів Фтору, а поблизу розташування соляних родовищ концентрація Фтору сягає 8,8 мг/л. Поблизу м. Хорол виявлено ділянки з вмістом Фтору у воді в межах 3,6...5,0 мг/л. У зазначених випадках збільшення вмісту Фтору у воді зумовлене надходженням фтороносних вод внаслідок тектонічних зрушень, тобто внаслідок дії природних чинників.

Отже, збільшення вмісту Фтору в підземних водах зумовлене дією як природних, так і техногенних чинників. При цьому, саме розроблення покладів корисних копалин, наприклад, на Львівщині та Полтавщині, спричиняє інтенсивне надходження сполук фтору в водоносні горизонти і саме це започатковує виникнення системи ризиків для довкілля та людини.

Спочатку проаналізуємо ризики для екосистем. Розчинні сполуки фтору легко переміщуються по ґрунтовому профілю і можуть потрапляти в ґрунтові води, а з них – у поверхневі водойми. Міграції фтору сприяє склад ґрунту: у кислих та збіднених на вміст гумусу ґрунтах, які поширені в західному регіоні України, процеси міграції фтору посилюються оскільки він не зв'язується ґрунтовими поглинальними комплексами. Відтак фтор стає доступним для кореневого живлення рослин. Хоча він належить до так званих есенціальних елементів, тобто необхідних для життєдіяльності рослин, за надмірної його концентрації у воді фтор нагромаджується в рослинах і негативно діє на них. Він негативно впливає на активність деяких ферментів (еколази та фосфатаз), порушуючи дихальні процеси; діючи деструктивно на хлорофіл, фтор сповільнює асиміляцію CO₂, а відтак і процес фотосинтезу. Знижуючи своїм впливом доступність рослинам фосфору та пригнічуючи фотосинтез, фтор негативно діє на вегетацію та ріст рослин. Так, наприклад, фтор різко сповільнює ріст деяких видів дерев, навіть до 50 %.

Під час міграції за дифузійним механізмом у ґрунтах та водах сполуки фтору негативно впливають на розвиток безхребетних і мікрофлору, що порушує рівновагу в природних екосистемах. Окрім дифузійної міграції фтор переміщується трофічними ланцюгами «рослина – тварина (риба) – людина».

Із водоносних горизонтів фторвмісні води забираються для господарсько-питного споживання. Використання такої води населенням спричиняє ризик виникнення та поширення ендемічних захворювань, зв'язаних із надмірним надходженням Фтору в організм людини: флюороз і гіпоплазія (руйнування зубної емалі), відставання в розвитку дітей, окостеніння та мінералізація кістково-опорного апарату (КОА); деформація костей, порушення функціонування кишківника та печінки, захворювання щитовидної залози, нервової та ендокринної систем; за тривалого живання води з підвищеним вмістом йонів Фтору відбуваються зміни на генетичному рівні.

Так, на території Червоноградського гірничопромислового району спостерігається розвиток флюорозу та гіпоплазії зубів, які відмічені майже у 80 % дітей. В Одеській області хворобами зубів у віці до 7 років уражено 35 %, у віці 7...10 років – 65 %, 10...15 років – 85 %, а у містах Арциз, Татарбунари, Тарутіно виявлено локальні осередки захворювання населення флюорозом. На частині території Полтавської обл., де у питній воді концентрація Фто-

ру змінюється від 2,5 до 8,8 мг/л, у 90 % населення спостерігається флюороз зубів, захворювання кісток, м'язових тканин, шлунково-кишкового тракту, печінки, ендокринної, нервової та інших систем.

Наведені дані дають змогу зробити висновок про необхідність попереднього кондиціонування фторвмісних природних вод. Зараз, на жаль, в Україні фторвмісні води практично не очищають. Як зазначено вище, існує чимало різних методів знефторювання вод, що істотно відрізняються за фізико-хімічними засадами та технологією. Зазвичай під час техніко-економічного обґрунтування вибору методу очищення вод від сполук фтору враховують капітальні витрати, вартість реагентів, матеріалів, енергії тощо. Однак часто витратами на утилізацію відпрацьованих матеріалів, реагентів та іншими відходами нехтують. Відтак варто проаналізувати різні методи знефторювання в аспекті утворення відходів, що можуть створювати вторинне забруднення довкілля та негативно впливати на людину.

Під час здійснення безреагентних (мембранних та електрохімічних) і оборотних реагентних (іонообмінні, сорбційні) методів очищення вод від сполук Фтору утворюються концентровані за йонами Фтору води, обсяги яких складають значну частку від об'єму води, яку піддавали очищенню. Так, наприклад, у мембранних методах об'єм води, яка не проникла крізь мембрану (вода, яка проникла крізь мембрану – пермеат, є очищеною від йонів Фтору) характеризується підвищеним вмістом йонів Фтору, на 30 % більше від початкового. Дещо меншими є відносні обсяги концентрованими за йонами Фтору вод, що утворюються в іонообмінних, сорбційних та електрохімічних методах. Ці води належать до відходів – стоків. Однак утворення висококонцентрованих вод створює ще більші ризики, оскільки зростає різниця концентрацій йонів Фтору в стоках та у довкіллі (фонові концентрація), тобто зростає рушійна сила процесів сорбції фтору кореневою системою рослин, оболонками мікроорганізмів тощо. Унаслідок цього негативна дія сполук Фтору на об'єкти живої природи, а далі – через трофічні ланцюги і на людину, підсилюється.

У багатьох сорбційних методах дешеві відпрацьовані сорбенти, виготовлені на основі природних матеріалів (буре вугілля, кокосова стружка, плоди та листя деяких порід дерев тощо), не регенерують, а використовують як додаток до твердого палива для теплових теплоелектростанцій. Очевидно, що при цьому сполуки Фтору потрапляють в атмосферу – відбувається вторинне забруднення довкілля, хоча й в локальних масштабах. Ці сполуки шкідливо діють на живі організми, зокрема, на людей, спричиняючи схожі захворювання, як і у випадку вживання фторвмісних вод. Дуже негативно діють сполуки Фтору на комах, особливо, бджіл – як наслідок зменшується врожайність сільськогосподарських культур, передусім фруктових дерев.

Значна частина сполук фтору виводиться з атмосфери з опадами, знову потрапляючи в природні водойми й ґрунти. Випадаючи з осадами, вони інтенсифікують процеси корозії конструкцій, споруд, будівель, що відбуваються через наявність в опадах інших кислотоутворюючих речовин, передусім, оксидів сульфуру (SO_2 , SO_3) й нітрогену (NO_x).

Фторвмісні сполуки кальцію, магнію та алюмінію, що утворюються в процесах очищення вод від йонів Фтору реагентними та сорбційними методами із застосуванням природних алюмосилікатів (цеолітів), як правило, не утилізують, а захоронюють на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ). Спершу вони не є шкідливими, оскільки є малорозчинними завдяки лужному характеру утворених сполук. Однак з часом під впливом опадів, що характеризуються підвищеною кислотністю, вимиваються і знову потрапляють у довкілля – виникає ризик вторинного забруднення.

Виходячи із наведеного вище, можна дійти висновку, що найдоцільнішими, з точки зору можливості подальшої утилізації відходів технологій знефторювання води, є реагентні методи, а також сорбційні, в яких використовують природні алюмосилікатні мінерали. Проте утворені відходи необхідно не складувати на полігонах ТПВ, а їх варто використовувати як добавки до бетонних композицій. У цьому випадку вони перебуватимуть у вигляді малорозчинних сполук в складі матеріалу, що характеризується дуже низьким вологопоглинанням та

підвищеною лужністю. Унаслідок цього рівновага процесу їх можливого вилуговування середовищами з підвищеною кислотністю (наприклад, кислотними опадами) практично повністю зміщена в бік утворення малорозчинних сполук, а відтак їх вимивання й надходження в довкілля стає практично неможливим.

Подальші дослідження будуть спрямовані на підбір природних сорбентів для очищення вод від надлишкового вмісту йонів Фтору.

Висновки

1. Надходження у водоносні горизонти вод із підвищеним вмістом сполук Фтору інтенсифікуються внаслідок антропогенної діяльності.
2. Виявлено причинно-наслідкові зв'язки між походженням, міграцією, споживанням фторвмісних вод із виникненням ризиків для довкілля та людини.
3. Оптимальними методами кондиціювання природних вод щодо вмісту йонів Фтору є реагентні та сорбційні, що ґрунтуються на застосуванні природних алюмосилікатів.

Список літератури:

1. **Капранов С.В.**, Титамир О.М. Вода и здоровье. – Луганск: Янтарь, 2006. – 184 с.
2. **Hu Hang**, Dickson J. Nanofiltration membrane performant on fluoride removal from water. /J. Membr. Sci. 2006. V. 279. -№ 1, 2. – С. 259-538.
3. **Chen G.**, Chen X., Goo P. Electrochemical removal of fluoride-ions from industrial wastewater. Chem. Eng. Sci. 2003. – V. 58. – № 3-6. – С. 987-993.
4. **Ho Li Ngee**, Ishihara Tatsumi, Veshima Soicnico Removal of fluoride from water through ion exchange by mesoporous Ti oxohydroxide. J. Cjllloid and Interface Sci. – 2004. – V. 272. – № 2. – С. 399-403.
5. **Физико-химические исследования в технологии очистки воды от фторид-ионов.** Тарчигина М.Ф., Галкина Ю.М., Кириллов А.Д. Русин В.М. // Фундаментальные и прикладные проблемы современной химии: Материалы 2-ой Международной конф. – Астрахань: НГУ. 2008. – С. 245-246.
6. **Локшин Э.П.**, Бекиков М.П. Об очистке от фтора сточных вод, которые содержат комплексные фториды алюминия и кремния. Ж. прикл. Химии. 2008. – № 2. – С. 177-188.
7. **Жовинський Э.Я.**, Кураева И.В., Крюченко Н.О., Шурпач Н. А., Колябина И. А. Основные формы миграции химических элементов в некоторых типах подземных вод Украины // Минерал. журн. – 2001. – 23. – № 2 – 3. – С. 68 – 70.
8. **Крюченко Н.О.** Закономерности распределения фтора в подземных водах Украины // Геохімічні методи пошуків – стан і перспективи розвитку. – К., 2001. – С. 39-40.

Г.Ф. Винявская

АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ВОД С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФТОРА

В статье приведены данные о распространении природных вод с повышенным содержанием ионов Фтора в Украине, в частности, в ее западном регионе. Отмечено влияние ионов Фтора на здоровье людей и окружающую среду. Проанализированы основные методы очистки природных вод от соединений Фтора и возможность возникновения вторичного загрязнения окружающей среды при осуществлении соответствующих технологических процессов обесфторивания. Разработана схема связей между природными и антропогенными процессами при участии фторсодержащих вод и возникновением рисков для окружающей среды и людей.

Ключевые слова: природные воды, ионы Фтора, риски, очистка, вторичное загрязнение.

**ANALYSIS OF NATURAL AND TECHNOGENIC-ECOLOGICAL RISKS
AT CONSUMPTION AND AT CONDITION OF WATERS WITH ENHANCEABLE
MAINTENANCE OF FLUORINE**

In the article cited data about distribution of natural waters with enhanceable maintenance of ions of Fluorine in Ukraine, in particular, in her western region. Influence of ions of Fluorine is marked on a health people and environment. The main methods of cleaning of natural waters from connections of Fluorine and possibility of secondary contamination of environment are analysed during motion of corresponding technological processes of defluorination. The chart of connections is worked out between natural and anthropogenic processes with participation of fluorine containing waters and origin of risks for an environment and people.

Key words: natural water, ions of Fluorine, risks; secondary contamination.

