

застосування нових державних норм ДБН В.1.1-12:2006 «Будівництво в сейсмічних районах України» / [Хавкін О.К., Калюх Ю.І., Мар'єнков М.Г., Глуховський В.П., Приємський В.Д.] // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. –К.: НДІБК, 2008. – Вип.69. – С. 26–44. 4. Кулябко В.В. Динамика конструкцій, зданий и сооружений: уч. для вузов / В.В. Кулябко. – ЗГИА, Запорожье, 2005. – 232 с. 5. Кулябко В.В. Проблемы моделирования динамических нагрузок и расчетных схем сооружений, проведение динамических испытаний и анализа их результатов / В.В. Кулябко, В.А. Банах, В.П. Редченко // Зб. наук. пр. Вісник ДонНАБА – 2009. – Вип. 4(78) – С. 104–110. 6. Challenges in experimental vibration analysis for structural identification and corresponding engineering strategies / [Zhang J., Prader J., Moon K. A. F., Aktan A. E., Grimmelman K. A., Shama A.] // Proceedings of the international conference on experimental vibration analysis for civil engineering structures, Wroclaw, Poland, 2009. – P. 13–34. 7. Wenzel H. Ambient Vibration Monitoring / [Wenzel H., Pichler D.] John Wiley & Sons, Ltd, 2005 – 291 p. 8. Методические рекомендации по вибродиагностике автодорожных мостов. – М.: Росавтодор, 2001. – 24 с. 9. РВ.2.3-218-00018112-521:2006. Рекомендації з динамічних випробувань мостів та шляхопроводів. – К.: Укравтодор, 2006. – 34 с. 10. Andersen Palle. Identification of Civil Engineering Structures using Vector ARMA Models / P. Andersen. – Aalborg University. 1997. – 244 p. 11. РВ.2.3-218-03450778-711:2007 “Рекомендації з діагностики стану прогонових будов мостів за динамічною дією рухомого навантаження”. Укравтодор. – К., 2007. – 28 с. 12. Редченко В.П. Визначення розподілу зусиль між балками прогонової будови за результатами її випробування імпульсним навантаженням. / В.П. Редченко // Зб. наук. пр. Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського – 2009. – Вип. 3 – С. 165–171. 13. Редченко В.П. Особливості застосування спектрального аналізу при дослідженні коливань будівельних конструкцій: монографія / В.П. Редченко. – Дніпропетровськ: Пороги, 2010. – 98 с.

УДК 504.062, 504.433

Г.І. Рудько*, О.О. Мацієвська

*Державна комісія України по запасах корисних копалин,
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра гідравліки та сантехніки

РОЗПОДІЛ ФТОРУ В ПРИРОДНИХ ВОДАХ

© Рудько Г.І., Мацієвська О.О., 2010

Наведено результати аналізу гідрогеохімічного розподілу фтору в природних водах. Виявлено провінції з високим вмістом фтору в підземних водах. Показано вплив концентрації аніонів фтору в питній воді на стан здоров'я населення.

Ключові слова: фтор, природні води.

In the article the represented results of analysis of hydrogeochemical division of fluorine in natural waters. It is found out provinces with high maintenance of fluorine in underwaters. Influencing of concentration of anions of fluorine is rotined in a drinking-water on a health of population.

Keywords: fluorine, natural water.

Постановка проблеми. Рекомендована Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) концентрація фтору в питній воді – не більше за 1,5 мг/дм³ [13]. У багатьох країнах ця величина зазначена в державних нормативних документах на питну воду. Рекомендовані контрольні граничнодопустимі концентрації фтору у воді різних країн коливаються в межах цього рівня, причому точні значення залежать від температури повітря. В Україні нормативне значення концентрації фтору збігається з рекомендованим ВООЗ [1]. У Китаї та Індії рекомендована

концентрація дорівнює $1,0 \text{ мг/дм}^3$. Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA) встановило нормативний вміст фтору в питній воді – 4 мг/дм^3 . Рекомендований вміст фтору в питній воді, що запобігає флюорозу зубів, становить 2 мг/дм^3 . У державному стандарті Танзанії тимчасова максимально допустима концентрація фтору в питній воді – 8 мг/дм^3 , що пов'язано з регіонально високими концентраціями фтору та проблемами з водопостачанням.

Провінції підземних вод з високим вмістом фтору виявлено у різних частинах світу, зокрема в північному Китаї, Індії, Шрі Ланці, Мексиці, західній частині США, Аргентині та в багатьох країнах Африки. На території СНД такі провінції зафіксовано в прибалтійських країнах, Молдові, республіках Закавказзя, Казахстані, Середній Азії, Тверській області Росії. В Україні – це Київська, Полтавська, Харківська, Донецька, Одеська, Сумська області. Підвищений вміст фтору виявлено в підземних водах на території Червоноградського гірничопромислового району та в інших населених пунктах Львівської області (Кам'янка-Бузький та Буський райони) – Лопатин, Добротвір, Радехів, Топорів тощо.

В деяких країнах природні води під час водопідготовки дефторують. Проте значні обсяги води споживаються без очищення, внаслідок чого населення цих регіонів страждає від наслідків хронічного ендемічного флюорозу. Понад 200 млн людей в усьому світі споживають воду з концентрацією фтору, що перевищує рекомендовану ВООЗ, зокрема в Індії – близько 70 млн, у Китаї – 45 млн, Мексиці – 5 млн. Близько 10 млн осіб наражаються на такі ризики у країнах африканського континенту [5, 14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кругообіг фтору в природі охоплює літосферу, гідросферу, атмосферу і біосферу. До атмосфери фтор транспортується вулканічними газами, випаровуванням, морськими аерозолями та промисловими забрудненнями. Фтор концентрується переважно на останніх етапах магматичного процесу, внаслідок чого вулканічні утворення збагачуються фтором, який входить до складу мінералів, розчинів і газових викидів. Типовою сполукою фтору у вивержених породах є фторапатит, який є головним джерелом фтору в біосфері. У процесі вивітрювання вивержених гірських порід фтор розчиняється у воді, з якою виноситься в моря та океани. Під впливом численних факторів фтор з поверхні океану надходить до атмосфери. Повітряними масами він переноситься на значні відстані та з опадами знову повертається на земну поверхню. Значні кількості фтору з різноманітних виробництв потрапляють в атмосферу з димом та пилом або у водойми з виробничими стічними водами.

Найбільші концентрації фтору виявлено в кислих вивержених породах, у мінералізованих жилах та осадових формаціях, де відбувалися біогеохімічні реакції. Фтор міститься у первинних мінералах, особливо в біотитах та амфіболах, в яких він заміщає гідроксили. Прикладом є біотит $\text{K}_2(\text{Mg, Fe})_4(\text{Fe, Al})_2[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}](\text{OH})_2(\text{F, Cl})_2$. Під час дії атмосферних чинників фтор переважно виділяється з цих мінералів. Апатит $\text{Ca}_5(\text{Cl, F, OH})(\text{PO}_4)_3$, який може утворюватись за високих та низьких температур, є ще одним джерелом фтору. Заміщені апатити з високим вмістом фтору є розчиннішими, ніж високотемпературні апатити. Флюорит (CaF_2) – головний мінерал, що містить фтор, залягає в локалізованих вторинних гідротермальних жилах та порівняно рідко в осадових відкладах. У морських відкладах фтор нагромаджується внаслідок абсорбції на глині та за допомогою біогеохімічних процесів. Вапняки локально можуть містити фторапатит, наприклад франколіт. Проте більшість вапняків характеризуються низькими концентраціями фтору.

Фтор виявляють у поверхневих, ґрунтових і підземних водах. У річкові води фтор надходить із порід і ґрунтів внаслідок руйнування фторвмісних мінералів (apatit, турмалін), з ґрунтовими водами та під час безпосереднього змивання поверхневим стоком. У підземні води фтор надходить у результаті розчинення гірських порід.

Розчинність флюориту CaF_2 збільшується у присутності йонів гідрогену та алюмінію. Збільшення в підземних водах концентрації OH^- та CO_3^{2-} також сприяє вилученню фтору з порід. Розчинність кальцієвих солей фтору є незначною. Тому вміст фтору в підземних водах залежить від вмісту кальцію. Через різну розчинність фторидів натрію і кальцію перехід фтору з порід в підземні води, а також його вміст в цих водах залежить від величини Na/Ca . Зі збільшенням величини Na/Ca

зростає концентрація фтору в підземних водах. Аналогічно, внаслідок різної розчинності фторидів кальцію і магнію, кількість фтору в підземних водах, що містять кальцій і магній, збільшується зі збільшенням значення Mg/Ca. За збільшення значення Na/Ca і рН середовища вміст фтору в підземних водах збільшується. Сприятливими для нагромадження фтору в підземних водах є високолужні натрієві безкальцієві води, в яких концентрація цього елемента зростає зі збільшенням мінералізації води [2].

Мета роботи – аналіз закономірностей розподілу фтору в природних водах, виявлення провінцій з високим вмістом фтору в природних водах та оцінка стану здоров'я населення цих регіонів щодо фторозалежних захворювань.

Результати досліджень. Концентрація фтору в *атмосферних опадах* є незначною. На берегових територіях концентрація в них фтору становить в середньому 0,68 мкг/дм³. На багатьох континентальних територіях кількість фтору, що надходить до річок та підземних вод з дощовими водами, становить до 0,1 мкг/дм³. Концентрацію фтору в чистих атмосферних опадах важко визначити, оскільки на більшості територій вони зазнають антропогенного впливу. Дослідження на віддалених від моря територіях та у берегових зонах в штаті Вірджинія (США) встановили середню концентрацію фтору 4 та 9 мкг/дм³ відповідно (див. таблицю). Більші концентрації 20–80 мкг/дм³ (середнє значення 30 мкг/дм³) визначені в дощових водах в м. Анурадхапура (Шрі Ланка), що пояснюється значним впливом морських аерозолів. Типові концентрації фтору в дощових водах Уельсу становлять 20–70 мкг/дм³, що також пояснюється впливом моря. Типовий вміст фтору в атмосферних опадах на території Норвегії становить 13–25 мкг/дм³. Проте виявлені випадки концентрації до 253 мкг/дм³, що пояснюється антропогенним впливом – частка фтору від промислових викидів сягає 98 %.

Концентрація фтору в природних водах [7]

Країна	Регіон/водоносний горизонт	Концентрація фтору, мкг/дм ³	Середня концентрація фтору, мкг/дм ³
1	2	3	4
Атмосферні опади			
Норвегія		до 0,253	0,013–0,025
США	Вірджинія, узбережжя	0,002–0,02	0,009
	Вірджинія, територія, віддалена від моря		0,004
Велика Британія	Чілтон, південна частина Англії		0,096
	Середній Уельс	0,02–0,22	0,02
	Лоч Фліт, Шотландія	до 0,05	до 0,05
Поверхневі води			
Індія	р. Ганг		0,154
	р. Мегхна		0,066
	р. Брахмапутра		0,120
Велика Британія	р. Хафрен, Уельс	0,03–0,07	0,05
Гана	Ріки, територія м. Аккра	0,03–0,14	0,09
	Ставки, територія м. Аккра	0,07–0,30	0,18
Поверхневі води у регіонах з високим вмістом фтору			
Танзанія, Кенія, Уганда	Озера на лужних вулканічних гірських породах та інших видах гірських порід	0,2–1627	
Ефіопія	р. Еуош	0,9–1,3	1,1
Кенія	Річки поблизу озера Магаді	0,1–1,9	0,6
	Озеро Найваша	1,7–1,8	1,75
Танзанія	Озеро Магаді	759–1980	1281
	Мале озеро Магаді	668–754	711
	Озера, територія лужних вулканічних порід	60–690	
	Ріки, територія лужних вулканічних порід	12–26	

1	2	3	4
Грунтові води			
Велика Британія	Гірський Уельс	0,02–0,30	0,05
Геотермальні джерела			
Танзанія	Джерела Мбулу	до 99	
	Термальні джерела озера Натрон	330	
Кенія	Гарячі (>50°C) джерела на межі з оз. Магаді	141–166	7
	Теплі (<50°C) джерела на межі з оз. Магаді	50–146	14
Туніс	Гарячі джерела	до 4	
США	Західні штати	0,8–30,8	
Ісландія	Джерело, м. Рейк'явік	1,0	
	Джерело, м. Хверагерді	1,1–1,9	
Камчатка	Джерело	0,8	
Дагестан	Джерело, м. Махачкала	0,4	
Нова Зеландія	Джерела	0,3–8,4	
Тайвань	Джерело, Татун	7,3	
Франція	Води м. Віши	3,8–8,0	
	Джерело, м. Монт Доре	0,07–3,6	
	Джерело, м. Пломб'єр	1,9–7,0	
Китай	Джерело, Shixingsian, Guangdong	до 45	
Португалія	Гарячі джерела Ріо Воуга	0,04–20,5	11
Підземні води: кристалічні материнські породи			
Норвегія	Каледонські основні та ультраосновні породи		1,89
	Докембрійський граніт		1,69
	Докембрійський анортозит, чарнокіт		до 0,05
Норвегія	Вивержені та метаморфічні породи, м.Хордаланд	0,02–9,48	0,30
Гана	Кристалічний фундамент, зокрема граніт та метаосади	0,09–3,8	1,07
Сенегал	Гранітоїди, пеліти, сланці, амфіболіти	0,1–3,5	
Індія	Кристалічний фундамент, Андхра-Прадеш	до 20	
	Архейські граніти та гнейси, східна та південна частина штату Карнатака	0,80–7,4	3,5
	Архейські смугасті гнейси, південна частина штату Раджастхан	<0,1–16,2	1,28
	Архейський граніт	0,3–6,9	
Шрі Ланка	Кристалічний фундамент, зокрема граніт та чарнокіт	<0,02–10	
Південна Африка	Західний бушвельд	0,1–10	143
Підземні води: вулканічні породи			
Ефіопія	Вулканічні корінні материнські породи, район Вонжі/Шоа	6,1–20,0	12,9
	Відклади плейстоцену над вулканічними корінними материнськими породами, район Вонжі/Шоа	2,1–4,6	3,4
	Відклади плейстоцену над вулканічними корінними материнськими породами, м. Метакхара	2,7–15,3	5,9
Танзанія	Кратер Нгоронгоро та вулканічний конус Лемагруга	40–140	
	Кімберліти, м. Шинянга	110–250	
Підземні води: осадові відклади та осадові комплекси			
Китай	Четвертинні піски, басейн м. Хунчун, північно-східний Китай	1,0–7,8	
Аргентина	Четвертинні лесові породи, провінція Ла-Пампа	0,03–29	5,2

1	2	3	4
Індія	Четвертинний алювій, м. Агра, штат Уттар-Прадеш	0,11–12,8	2,1
Велика Британія	Вапняки крейдового періоду, графство Беркшир	<0,1–2,4	0,74
	Вапняки крейдового періоду, м. Лондон	0,11–5,8	1,44
	Нижній зелений пісок крейдового періоду, м. Лондон	<0,1–0,35	0,17
	Тріасовий пісковик, графство Шропшир	<0,1–0,17	до 0,1
	Тріасовий пісковик, графство Ланкашир	<0,1–0,14	0,1
Канада	Тріасовий пісковик, графство Камбрія	<0,1–0,26	до 0,1
	Кам'яновугільні кластичні породи, півострів Гаспе	0,02–28	10,9
	Алювіальні/гляціальні (до 30 м глибини)		0,09
	Неморські верхні відклади крейдового періоду, провінція Альберта	0,01–22,0	1,83
Німеччина	Крейдові рухляки крейдового періоду	<0,01–8,9	1,28
Лівія	Міоцен, басейн Верхньої Сирти	0,63–3,6	1,4
Судан	Нубійський пісковик крейдового періоду, м. Буган	0,29–6,2	1,8
Сенегал	Відклади палеоцену	1,5–12,5	
	Відклади маастриху	1,1–5,0	
Туніс	Вапнякові або четвертинні відклади	0,1–2,3	
США	Кам'яновугільні відклади, штат Огайо	0,05–5,9	

Концентрація фтору в *поверхневих водах* є зазвичай більшою, ніж в атмосферних опадах, проте в типових межах мкг/дм^3 . Річкові води в гірських районах Уельсу містять фтор у межах 30–70 мкг/дм^3 . У воді р. Бенгал басейну рік Ганг–Брахмапутра концентрація фтору дорівнює 66–154 мкг/дм^3 , а в річкових водах південної Гани – 30–140 мкг/дм^3 (див. таблицю). Здебільшого концентрація фтору в поверхневих водах менша за 300 мкг/дм^3 .

У поверхневих водах геотермальних регіонів концентрація фтору є значно більшою. Наприклад, у водах содових озер у східно-африканській долині Ріфт вміст фтору коливається від десятків до сотень мг/дм^3 – до 1980 мг/дм^3 (див. таблицю).

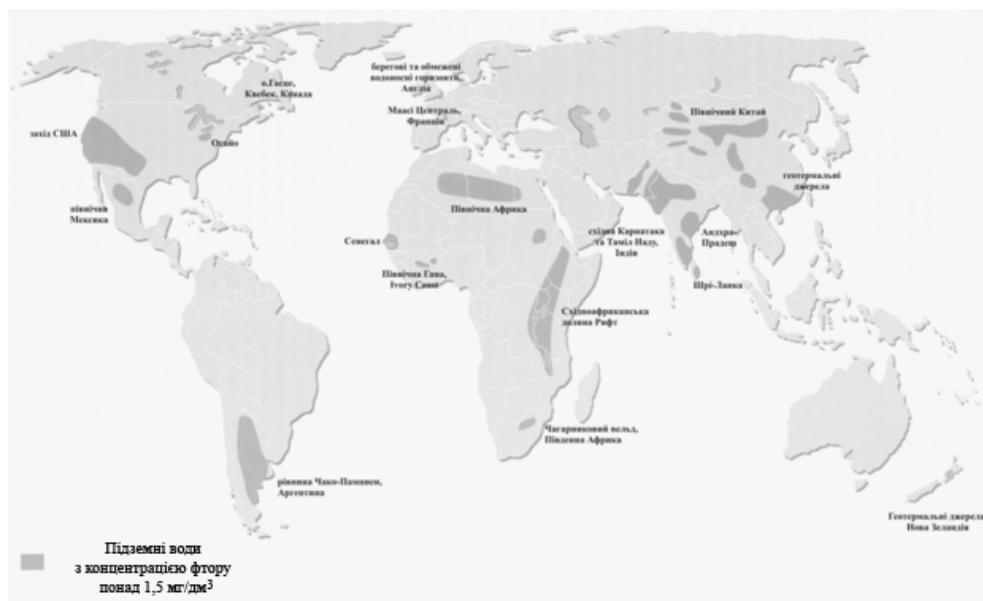
Концентрації фтору в *грунтах* зазвичай становлять 20–500 мг/кг . У ґрунтах мінералізованих територій Великої Британії виявлено вищі концентрації цього елемента. Концентрація фтору до 3700 мг/кг спостерігається в ґрунтах Уельсу, до 20000 мг/кг – у ґрунтах Пенінських гір англійського Мідлендсу та до 3300 мг/кг – у ґрунтах Корнуолу. Це пов'язано з гідротермальною мінералізацією, зокрема з флюоритом [8]. Проте лише незначна частка цього елемента (до 10 мг/кг) є легкорозчинною. Решта міститься в мінералах. Концентрації фтору в ґрунтах Аргентини 24–1220 мг/кг , з них частка водорозчинного становить 0,53–8,33 мг/кг [11]. Легкорозчинний фтор виявлено в натрієвих ґрунтах, з яких походять лесові породи Ізраїлю та Китаю [9, 10].

Здатність ґрунту до нагромадження фтору залежить від його типу, рН, засоленості та концентрації елемента. Поглинання відбувається краще за слабкокислих умов. Мінімальна рухливість фтору спостерігається за рН 6,0–6,5, яка збільшується зі зменшенням рН внаслідок утворення комплексних сполук $[\text{AlF}]^{2+}$ та $[\text{AlF}_2]^+$ [12]. Дрібнозернисті ґрунти краще утримують фтор, ніж піщані. Глинисті мінерали та органічні речовини ґрунту також є ефективними абсорбентами.

Крізь ґрунт, складений переважно з піску з незначним вмістом глини, сполук заліза та алюмінію, може проходити до половини кількості фтору, що міститься в фільтраційних водах. У місцях тривалого антропогенного навантаження фтор може проникати до *ґрунтових вод*. Проте ґрунти більше відіграють транзитну роль. Тому фільтрат, що досягатиме ґрунтових вод, матиме низькі концентрації фтору. Незначні кількості фтору можуть переміщатися на поверхню ґрунту внаслідок випаровування вологи. Це може підвищити концентрації фтору у фільтраті, що досягає ґрунтових вод, до 5 разів за умов помірного клімату та в 10–100 разів за умов посушливого клімату.

У Великій Британії досліджено вміст фтору в 13 основних водоносних горизонтах [6]. Простежується чітка відмінність концентрації цього елемента в *підземних водах*, що залягають у пісковиках та в карбонатних водовмісних породах. Найменші концентрації фтору встановлено у всіх тріасових пісковиках, середнє значення не перевищує 150 мкг/дм³. Концентрація фтору в підземних водах більшості пісковикув незначно перевищує концентрацію елемента в дощових водах з урахуванням процесу евапотранспірації. Окремі водоносні горизонти, що відрізняються від загальної тенденції, це пісковики області Морей в Шотландії, в яких зареєстровано флюорит у мінералізованих жилах, та кам'яновугільні пісковики у графстві Шропшир, де 10 % мешканців, що брали участь в дослідженні, мають вищий вміст фтору як результат місцевої гідротермальної мінералізації. Середні концентрації фтору у вапняках – 0,6–1,5 мг/дм³; більші концентрації спостерігаються в дрібнозернистих крейдових відкладах. Дощові води беруть участь в нагромадженні фтору на цій території, проте головними є біогенні джерела фтору та збагачені фосфатами відклади. На території Великої Британії найбільше фтору міститься в підземних водах карбонатних відкладів, де комбінація геологічного джерела фтору (CaF₂), достатній час існування та нестача кальцію внаслідок Na–Ca–обміну робить розчинність флюориту визначальним фактором.

Концентрація фтору в більшості підземних вод менша від граничнодопустимої. Проте високі (понад 1,5 мг/дм³) концентрації фтору в підземних водах зареєстровано в різних регіонах світу. Ендемічний флюороз є проблемою у більшості, хоча не у всіх цих регіонах. Найураженішими територіями є посушливі частини Китаю, Індії, Шрі Ланки, Західної Африки (Гана, Сенегал тощо), Північної Африки (Лівія, Судан, Туніс), Південної Африки, східно-африканської долини Ріфт (Кенія, Уганда, Танзанія, Ефіопія, Руанда), північної Мексики та центральної Аргентини (див. рисунок).



Провінції з високим вмістом фтору в підземних водах [7]

Підземні води з високим вмістом фтору є зазвичай HCO₃-типу з порівняно низькими концентраціями кальцію (до 20 мг/дм³) та рН 7–9. Підвищені концентрації фтору зафіксовано в підземних водах материнських порід, зокрема гранітів, в яких містяться фторвмісні мінерали; в регіонах активної вулканічної діяльності, де джерелом фтору є вулканічні породи та геотермальні джерела; а також у підземних водах деяких осадових порід, особливо на посушливих територіях.

Підвищені концентрації фтору виявлено в *кристалічних материнських породах*, особливо тих, що складаються з граніту (див. таблицю). Гранітні гірські породи містять значну частку мінералів, що мають високий вміст фтору (слюда, апатити та амфіболи). Значне місце в гірських породах займає флюорит. Водоносні шари материнських порід на значних територіях Індії та Шрі Ланки характеризуються підвищеним вмістом фтору, що призводить до захворювання населення на

флюороз. В Індії найураженішими штатами є Раджастхан, Андхра-Прадеш, Уттар-Прадеш, Таміл-Наду та Карнатака. У посушливих районах Шрі Ланки (східна та північно-центральна частини країни) підземні води містять до 10 мг/дм^3 фтору, що спричиняє флюороз скелету та зубів у населення. У вологих районах на заході країни концентрації фтору в підземних водах низькі, ймовірно, внаслідок інтенсивних злив та тривалого вимивання фтору з гірських порід.

Значні концентрації фтору виявлено в *геотермальних джерелах* та в *активних вулканічних поясах* у західній частині США, Ісландії, Тайвані, Новій Зеландії, СРСР, Франції, Алжирі, Тунісі та в східно-африканській долині Ріфт (див. таблицю). Найпоширенішими є слабколужні геотермальні води хлоридного складу. Вміст фтору в них зазвичай коливаються в межах від 1 до 10 мг/дм^3 . За зменшення рН у бік кислого середовища вміст фтору в геотермальних джерелах може перевищувати 1000 мг/дм^3 з переважанням його у формі HF , HF_2^- та SiF_6^{2-} . Концентрації фтору в глибоких підземних водах Нової Зеландії варіюють у межах від 1 до 12 мг/дм^3 . На максимальні концентрації впливають температура під землею та розчинність флюориту. Прикладом головної вулканічної провінції з водами, що значно збагачені фтором, є східно-африканська долина Ріфт.

У деяких *осадових водоносних шарах* також містяться підземні води з високими концентраціями фтору, особливо в посушливих та напівпустельних регіонах. У провінції Ла-Пампа (центральна Аргентина) гідрокарбонатні підземні води з $\text{pH} > 8$ містять фтору до 29 мг/дм^3 . За високого рН фтор надходить у воду із фторвмісних мінералів (ріолітовий вулканічний попіл) осадових відкладів. Вміст фтору коливається, проте найбільше його міститься в підземних водах на незначній глибині (до 20 м). Підземні води з високим вмістом фтору також виявлено в четвертинних осадових відкладах у посушливих районах Китаю. Тут засоленість ґрунту та рівень рН виділені як ключові фактори акумуляції фтору в підземних водах.

Підземні води в *осадових комплексах* протягом тривалого часу також можуть нагромаджувати потенційно небезпечні для здоров'я людини концентрації фтору. В цьому випадку відбувається обмін йонів Na на Ca, а отже, підземні води перетворюються з типу Ca- HCO_3 на тип Na- HCO_3 . У підземних водах в басейні Верхньої Сирти (Лівія) концентрація фтору сягає $3,6 \text{ мг/дм}^3$, у підземних водах нубійського пісковика крейдового періоду (Судан) – $6,2 \text{ мг/дм}^3$ (див. таблицю). Концентрація елемента в підземних водах різних водоносних горизонтів коливається, проте більшою є в морських відкладах, що свідчить про значний вміст флюориту у відкладах.

Підземні води, що залягають у крейдових і третинних відкладах на території західного Сенегалу, містять фтор у межах від 0,01 до 13 мг/дм^3 . Осадові породи потужністю 8000 м залягають над докембрійським фундаментом. У водоносних шарах концентрація фтору зазвичай збільшується у напрямку потоку підземних вод. Джерелом фтору є фторапатити та аргіліти. У водоносному горизонті маастриху вміст фтору коливається в межах від 1,1 до $5,0 \text{ мг/дм}^3$, збільшуючись зі зміною фацій від пісковиків до аргілітів. Високі концентрації відзначено в підземних водах віком понад 30000 років. В осадових породах від крейдового до четвертинного періодів на території західного Тунісу зафіксовано концентрації фтору 0,1–2,3 мг/дм^3 . Найбільші концентрації виявлено в підземних водах крейдового водоносного горизонту (в середньому $1,7 \text{ мг/дм}^3$).

На території України підвищений вміст фтору у підземних водах, що призвів до спалаху ендемічного флюорозу в населення, зафіксовано у Львівській (Червоноградський гірничопромисловий комплекс, с. Топорів) і Полтавській (м. Миргород) областях.

У гідрогеологічному відношенні територія Львівської області входить до складу Волино-Подільського артезіанського басейну. Гідрогеологічні особливості території контролюються пов'язаними між собою водоносними горизонтами крейдових, карбонових та девонських відкладів. Підземні води водозаборів Червоноградського гірничопромислового комплексу близькі за хімічним складом і характеризуються порівняно низьким вмістом кальцію і високим вмістом натрію та калію. У воді всіх водозаборів (Соснівський, Межирічанський, Бендюзький, Борятинський, Правдинський) підвищений вміст фтору (до $3,5 \text{ мг/дм}^3$), максимальний – на Соснівському водозаборі – до $4,0 \text{ мг/дм}^3$. Вміст фтору непостійний і коливається в часі від 1,0 до $3,5 \text{ мг/дм}^3$. Найменший вміст кальцію у воді крейдового водоносного горизонту виявлено в межах Соснівського водозабору. Такий склад питної води, зокрема відношення концентрації кальцію і фтору, призвів до

захворювання дітей м. Соснівки наприкінці ХХ століття на флюороз [3]. Нині вода з Соснівського водозабору використовується лише для технічних потреб. Винятковим також є район с. Топорів Буського району Львівської області. За даними СЕС, вміст фтору у водопроводі с. Топорова коливався від 5,3 до 7,0 мг/дм³, в 3–4 рази перевищуючи допустимі норми. У пробах води, відібраних з шахтних колодязів, вміст фтору становив 0,08 мг/дм³. Збільшення концентрації фтору в підземних водах пояснюється надходженням глибинних підземних вод до рівня експлуатаційного горизонту в зоні тектонічних порушень. Нині для питних потреб населення с. Топорів використовує воду джерел децентралізованого водопостачання (шахтні колодязі) [3].

Для водопостачання населення Полтавської області використовуються четвертинний, палеогеновий (бучацько-канівський) та крейдовий водоносні комплекси в межах Дніпровського артезіанського басейну. Централізоване господарсько-питне водопостачання м. Миргород забезпечується експлуатацією водоносного горизонту бучацьких відкладів. Концентрація фтору у воді цього горизонту коливається в межах 1,2–4,5 мг/дм³. Надлишковий вміст цього елемента пояснюється наявністю фосфоритів у верхній частини бучацького ярусу, а також розвантаженням високомінералізованих підземних вод на ділянках розвитку соляних куполів та тектонічних порушень. Через невідповідність складу води бучацького горизонту нормам [1] він є тимчасовим джерелом централізованого водопостачання для задоволення тільки першочергових потреб міста.

Керований контроль екологічного стану геологічного середовища для недопущення фторозалежного захворювання населення може ґрунтуватися на впровадженні технології дефторування природних вод. Для дефторування води застосовують реагентні та фільтраційні методи. В результаті цього малорозчинні сполуки фтору випадають в осад разом із сорбентом (реагентні методи) або сорбуються зернистим завантаженням фільтрів (фільтраційні методи). Реагентні методи видалення фтору з води ґрунтуються на сорбції його свіжоосадженими фосфатом кальцію, гідроксидами магнію або алюмінію. Як фільтрувальне завантаження фільтрів використовують активовані оксид алюмінію, гідроксилапатит, сильноосновні аніоніти, спеціально оброблені активоване вугілля, оксид магнію тощо. До фільтраційних належать також методи гіперфільтрації та йонного обміну [4].

Висновки. Найбільші концентрації фтору (порівняно з іншими водними об'єктами) спостерігаються в підземних водах внаслідок розчинення гірських порід у системі "вода – порода". Понаднормативні концентрації фтору в підземних водах зареєстровано в різних регіонах світу. Найураженішими територіями є посушливі частини Китаю, Індії, Шрі Ланки, Західної Африки (Гана, Сенегал тощо), Північної Африки (Лівія, Судан, Туніс), Південної Африки, східно-африканської долини Ріфт (Кенія, Уганда, Танзанія, Ефіопія, Руанда), північної Мексики та центральної Аргентини. В більшості цих регіонів існує проблема ендемічного флюорозу внаслідок використання природних вод з підвищеним вмістом фтору для питних потреб. В Україні спалахи ендемічного флюорозу зафіксовано на території Львівської (Червоноградський гірничопромисловий комплекс, с. Топорів) та Полтавської (м. Миргород) областей. Природні води з підвищеним вмістом фтору необхідно використовувати для технологічних потреб, а для господарсько-питних потреб – лише після відповідного дефторування.

1. ДержСанПіН. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання: – Наказ Мінохорони здоров'я України № 383 від 23 грудня 1996 р.
2. Крайнов С.Р., Швець В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недра, 1987. – 237 с.
3. Нейко Є.М., Рудько Г.І., Смоляр Н.І. Медико-геоекологічний аналіз стану довкілля як інструмент оцінки та контролю здоров'я населення. – Івано-Франківськ: Екор, – 2001. – 350 с.
4. СНуП 2.04.02–84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». – М.: Стройиздат, 1985. – 135 с.
5. Diaz-Barriga E., Leyva R., Quistian J., Loyola-Rodriguez J., Pozos A. and Grimaldo G. (1997). Endemic Fluorosis in San Luis Potosi, Mexico, *Fluoride*, 30, 219–222.
6. Edmunds W.M., Cook J.M., Kinniburgh D.G., Miles D.G. and Trafford J.M. (1989). Trace Element Occurrence in British Groundwaters, *British Geological Survey Research Report SD/89/3*, pp. 424.
7. *Essentials of Medical*

Geology / Ed. Olle Selinus. – Uppsala: Geological Survey of Sweden, 2005. – 832 p. 8. Fuge R. and Andrews M.J. (1988). Fluorine in the UK Environment, Environ. Geochem. Health, 10, 96–104. 9. Fuhong R. and Shuquin J. (1988). Distribution and Formation of High-Fluorine Groundwater in China, Environ. Geol. Water Sci., 12, 3–10. 10. Kafri U., Arad A., Halicz L. and Ganor E. (1989). Fluorine Enrichment in Groundwater Recharged Through Loess and Dust Deposits, Southern Israel, J. Hydrol., 110, 373–376. 11. Lavado R.S. and Reinaudi N. (1979). Fluoride in Salt Affected Soils of La Pampa (Republica Argentina), Fluoride, 12, 28–32. 12. Wenzel W.W. and Blum W.E.H. (1992). Fluorine Speciation and Mobility in F-Contaminated Soils, Soil Sci., 153, 357–364. 13. WHO (2004). Guidelines for Drinking-Water Quality. 3rd edition, World Health Organization, Geneva. 14. Wuyi W., Ribang L., Jian'an T., Kunli L., Lisheng Y., Hairong L. and Yonghua L. (2002). Adsorption and Leaching of Fluoride in Soils of China, Fluoride, 35(2), 122–129.

УДК 692.232

Н.В. Савицкий, А.Н.Зинкевич, А.М. Сопильняк

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г.Днепропетровск

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

© Савицкий Н.В., Зинкевич А.Н., Сопильняк А.М., 2010

Подано інформацію про результати виконання дослідження на міцність та деформативність тришарових огороджуючих залізобетонних стінових панелей.

Ключові слова: тришарова залізобетонна стінова панель, гнучкі в'язі, дослід.

The article contains information about the results of carrying out of research on durability and deformation of the three-layered reinforce-concrete wall panels.

Keywords: three-layer reinforce-concrete wall panel, flexible connections, research.

В 60–80-х годах жилищная проблема в Украине решалась за счет строительства панельных многоэтажных зданий. Сегодня широко распространено строительство зданий с монолитным каркасом, в которых можно применить индивидуальную планировку и форму здания, но при строительстве таких зданий применяются многочисленные трудоемкие процессы для выполнения ограждающих конструкций с использованием мелкоштучных элементов, которые значительно удорожают строительство. Поэтому возникает необходимость применения промышленных несущих и ограждающих конструкций.

С 1 апреля 2007 года введен новый ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель», согласно которым увеличались требования по энергосбережению. Введение новых норм и рост стоимости топливно-энергетических ресурсов дали новый толчок строительной индустрии к созданию и применению энергоэффективных конструкций.

Одним из наиболее перспективных направлений обеспечения современных требований по теплозащите зданий без существенного увеличения материалоемкости, трудозатрат, а главное стоимости, является применение многослойных ограждающих железобетонных панелей с эффективными теплоизоляционными материалами.

В зарубежном опыте уже начиная с 90-х годов XX столетия разрабатывалась нормативная база (ГОСТы, ТУ) на изготовление и применение таких панелей, в частности в России, конструкции которых представлены на рис.1. Современные технологии позволяют изготавливать панели по индивидуальным заказам размерами по длине до 8,0 м и по высоте до 3,2 м.