УДК 546.16:556.5(477.51)

В. І. Тригуб, канд. геогр. наук, доц.,
Я. І. Ігнат, студ.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
кафедра ґрунтознавства і географії ґрунтів,
вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65026, Україна

ФТОР У ПРИРОДНИХ ТА СТІЧНИХ ВОДАХ ПІВДЕННОГО ЗАХОДУ УКРАЇНИ

Аналізуються географічні особливості вмісту фтору в поверхневих і підземних водах південного заходу України. Вміст фтору в природних водах досліджуваної території зумовлений її географічним положенням і впливом Чорного моря, геоморфологічними особливостями, а також господарською діяльністю людини, зокрема скиданням забруднених стічних вод.
Ключові слова: фтор, природні води, стічні води, забруднення.

Вступ

Водні ресурси є національним надбанням будь якої країни, а рівень кількісного і якісного їх використання — показником як економічного її розвитку, так і здоров'я населення.

Сьогодні фтор — один із найпоширеніших забруднювачів у повітрі, ґрунті, природних водах, продуктах харчування. Він також належить до активних атмосферних і водних мігрантів. Фтор відіграє велику роль і у біохімічних процесах. Нестача його, як і надлишок, у продуктах харчування та питній воді викликає тяжкі захворювання. Тому для нормальної життєдіяльності він необхідний у строго лімітованих кількостях. У досліджуваних нами ландшафтах акумуляція фтору пов'язана з геоморфологічним розташуванням території в південній частині Причорноморської низовини, де відбувається розвантаження підземних і стік поверхневих вод, що формуються на Українському кристалічному щиті та Подільській височині. Тому для умов півдня України є актуальною розробка кількісної оцінки надходження фтору в ландшафти цієї території з атмосферними опадами і перерозподіл його в складі ґрунтів, ґрунтових і підземних вод.

Об'єктами досліджень були підземні, ґрунтові, поверхневі та стічні води регіону.

Підземні, ґрунтові та поверхневі води аналізували загальновизнаними методами за стандартними методиками. Усі дослідження виконували потенціометричним методом із застосуванням фтор-селективного електрода марки ЭF-IV.

© Тригуб В. І., Ігнат Я. І., 2011

Результати досліджень

Якість води є важливою умовою стабільності в регіоні. Вивчення хімічного складу природних вод має важливе значення для наукових досліджень і практичних потреб, оскільки дає змогу раціонально використовувати водні об'єкти та забезпечити їхню охорону від забруднення.

Незважаючи на те, що гідрохімічні спостереження на водних об'єктах нашої держави проводяться достатньо довгий час і нагромаджено великий фактичний матеріал, фтор в природних водах України вивчено доволі слабко. Наявні дані характеризують тільки епізодичний вміст цього мікроелементу в тому чи іншому водному об'єкті.

Систематичні дослідження даного мікроелементу в природних водах південного заходу Причорномор'я також не проводилися, тому прослідкувати багаторічну динаміку його вмісту не має можливості. Ймовірно, однією з причин недостатнього вивчення фтору були складності методичного характеру, тому що були відсутні швидкі, чуттєві і достатньо прості методи їх визначення. В даній статті на основі літературних даних та власних досліджень проведено аналіз вмісту фтор-іону в природних та стічних водах південного заходу України.

Хімічний склад ґрунтових вод досліджуваної території строкатий, їхня мінералізація коливається від 1 до 20 г/л. У складі солей — хлориди і сульфати натрію. Підйом рівня ґрунтових вод у межах вододільних плато спричинив збільшення обводнення лесової товщі та поступове зниження мінералізації ґрунтових вод до 1–15 г/л з перевагою значень 2–3 (5) г/л. З наближенням до заплави Дунаю й узбережжя Чорного моря рівень ґрунтових вод поступово підіймається до поверхні — у природних умовах від 15–25 м на межі з корінним плато до 2–3(5) м на гіпсометрично найнижчих рівнях. Води хлоридно-сульфатного і сульфатного складу, строкатої мінералізації — від 3–5 г/л до 10–15 г/л, а на ділянках безпосереднього розвантаження іноді до 20–30 (50) г/л [5].

Вміст фтору в підземних і ґрунтово-підґрунтових водах

Мінералізація, хімічний склад та, зокрема, вміст фтору в підземних і ґрунтово-підґрунтових водах досліджуваної території формується, головно, транзитом вод з Українського кристалічного щита і Подільської височини. У табл. 1 наведено результати вивчення вмісту фтору в підземних і ґрунтово-підгрунтових водах. Вміст фтору в водах сарматського горизонту (глибина залягання яких понад 140 м) коливається в межах 0,21–2,19 мг/л, а в водах свердловини, закладеної на межиріччі Куяльник–Хаджибей у районі с. Алтестове — 0,21–2,28 мг/л. Важливе значення на формування геохімії фтору ґрунтів має його вміст у водах водоносних горизонтів лесової формації півдня України.

З таблиці 1 видно, в першому від поверхні водоносному горизонті, який приурочений до бузького ярусу лесу, що залягає на глибині від 3–4 до 7–10 м, вміст фтору є в межах 0,16–0,76 мг/л, а у водах другого водо-

носного горизонту, який залягає на глибині 11–14 м і приурочений до дніпровського горизонту лесу, — 0,22–0,31 мг/л.

Таблиця 1

Вміст фтору в підземних і ґрунтових водах [8]

Місце відбору	Глибина відбору, м	Вміст фтору, мг/л
Підземні води		
Межиріччя Куяльник — Хаджибей	140–145	0,29–2,28
Великий Куяльник — Середній Куяльник	103–140	0,61–1,24
Середній Куяльник — Кучурган	125–130	0,51–1,14
Середній Куяльник — Барабой	130–135	0,30–1,1
Хаджибейський лиман — Барабой	140–145	0,22–1,14
Барабой — Дністер	145–160	0,21–1,14
Дністер — Алкалія	140–150	0,65–0,99
Когильник — Нерушай	160	2,19
Ґрунтові води		
Межиріччя Хаджидер — Сарата	5–15	0,16–0,76
	15–31	0,80–1,67
Дракуля — оз. Китай	5–15	0,16–0,48
	15–28	0,69–1,60
Когильник — Нерушай	26	2,09
ГДК	–	1,50

У водоносному горизонті тилігульського ярусу лесу, який залягає на глибині 18–20 м, вміст фтору порівняно підвищений і є в межах 0,21–0,80 мг/л. Найвищі показники вмісту фтору у четвертому і п'ятому водоносних горизонтах, які приурочені до нижньочетвертинних і верхньопліоценових відкладів, — 0,6–2,09 мг/л [8].

Отже, води лесової формації досліджуваної території мають підвищені концентрації фтору, які в деяких випадках перевищують граничнодопустимі концентрації (ГДК).

Фтор в у природних поверхневих водах

Головними джерелами для промислового виробництва, комунального і сільського господарства досліджуваної території є води рік Дунаю, Дністра, малих річок та лиманів.

Так, річка Дністер — єдине джерело водопостачання центральної частини Одеської області, у якій розташовані міста Одеса, Іллічівськ, Южне, Б-Дністровський. На цій території мешкає понад 50 відсотків населення області і зосереджено 80 відсотків промислового та транспортного потенціалу. Під впливом постійно зростаючого техногенного навантаження на територію басейну Дністра суттєво змінились його гідрологічний та гідрохімічний режими. Територія, якою протікає Дністер та розташований його водозабірний басейн, густо населена, має розвинену промисловість і сільське господарство, які також негативно впливають на показники хімічного та бактеріологічного стану води. Забруднення водних ресурсів басейну та прилеглих територій набуло критичного характеру.

На сьогодні загальна мінералізація річкової води коливається в межах 350–840 мг/дм^3 з середніми значеннями близько 500 мг/л, жорсткість — від 3,7 до 7,0 мг-екв./дм^3, зважені речовини в середньому — 20–30 мг/дм^3, але в період паводку можуть досягати 120 мг/дм^3. Вміст фторидів в дністровській воді незначний — менше 0,5 мг/л [3, 7]. Але нерегульоване використання річки в господарських цілях, особливо як приймач стічних вод, а також надходження змивів з сільськогосподарських площ, призводить до зростання окислення річкової води і забруднення нафтопродуктами, фенолами, формальдегідами, фторидами. Результати спостереження останніх років дозволяють підтвердити загальну, за останні роки, тенденцію зниження рівня забруднення води річки. Це поліпшення обумовлене зменшенням об'єму скидань промислових стічних вод з території Молдови і Західної України в результаті економічних змін і припиненням масового надходження в річку токсичних речовин, відновленням та самоочищенням водоймищ.

Формування гідрохімічних умов дельти Дунаю визначається динамікою водного стоку, метеорологічними умовами, кількістю і якістю атмосферних опадів, а також життєдіяльністю водних організмів. Важливе значення має і антропогенний вплив. Розвиток в басейні Дунаю промисловості, сільського і комунального господарства створюють значну кількість стоків, викид яких відбувається постійно. Важливу роль в формуванні гідрохімічного режиму відіграє зарегулювання стоку, пов'язане з будуванням берегоукріплюючих споруд, водосховищ.

Кількісні і якісні зміни в стоках Дунаю відобразилися і на гідрохімічному режимі ділянки постійної взаємодії річних і морських вод. Трансформація річкової води починається безпосередньо в рукавах дельти під час уповільнення течії. Тут відбувається осадження суспензії, яка абсорбувалась з розчинних речовин.

До речовин, які здатні до активної абсорбції, можна віднести сполуки фосфору і кремнію, а також деякі мінеральні сполуки азоту і органічні речовини. Таким чином, уже в дельті відбувається очищення від різних хімічних сполук. Для дельтової частини Дунаю характерна коагуляція як органічних так і неорганічних компонентів і перехід їх в донні відкладення в результаті процесів седиментації.

Дунайські води є низькомінералізовані. Сума легкорозчинних солей у різні роки є в межах 0,27–0,50 г/л і в середньому становить 0,42 г/л. Для дунайських вод характерно різке зменшення концентрації органічного фосфору (0,025–0,129 мг/л), фосфатів (0,024–0,084 мг/л), кремнію (0,076–0,962 мг/л) [5]. Вміст фтору, за літературними джерелами, коливається від 0,20 до 0,59 мг/л. На основі аналізу річкової води, який був проведений в 2008 році, можна зробити висновок, що концентрація фтору збільшилася. Збільшення кількості фтору можна пояснити декількома факторами: в результаті зміни гідрохімічного режиму річки Дунай відбулися процеси, які призвели до розчинення мінералів, що в своєму складі містять сполуки фтору; антропогенна діяльність призвела до збільшення викидів стоків промислових підприємств в річні води, в склад яких входить безліч важких металів, в тому числі і фтор-іон.

Вміст фтору в поверхневих водах південного заходу Причорномор'я представлений в таблиці 2.

Таблиця 2

Вміст фтору в поверхневих водах південного заходу Причорномор'я

Назва річок, місця відбору	Вміст фтору, мг/г	Назва річок, місця відбору	Вміст фтору, мг/г
Дунай	0,20–0,59	Фонтанка	0,73
Рені	1,04		
Вилково	0,60	Когильник	0,34–1,22
Дністер	0,15 -0,27	оз. Китай	0,37–0,56
Великий Ялпуг	0,45	оз. Сасик	0,34–0,60
Сарата	0,40–0,70	оз. Ялпуг	0,48–0,61

У водах малих річок Задністров'я вміст фтору має порівняно високі значення, зокрема, води р. Когильник до 1,22 мг/л, Фонтанки — до 0,73 мг/л, які наближаються до гранично допустимих значень. Вміст фтору у водах озер — лиманів коливається в межах 0,34–0,61 мг/л. Підвищення фтору у водах оз. Сасик відбувається внаслідок виклинювання біля берегів підземних вод понтичного горизонту у вигляді так званих «грифонів», вміст фтору в яких, за літературними даними, становить 0,7–0,8 мг/л, в окремі періоди досягаючи 1,5 мг/л і більше [7].

Вміст фтору в стічних водах міста Одеса

В результаті інтенсивного використання водних ресурсів не тільки змінюється кількість води, але і відбувається зміна складових водного балансу, гідрологічний режим водних об'єктів і якість води. Особливістю використання води в промисловості те, що більша її частина після використання в процесі виробництва повертається в річки і озера у вигляді стічних вод. Води, які відводяться після використання в побутовій і виробничій діяльності, називають стічними. По природі забруднення стічні води поділяються на мінеральні, органічні, бактеріологічні і біологічні. Основними забруднюючими речовинами в стічних водах є нафта, феноли, фториди, комплексні хімічні сполуки. Критерієм шкідливості стічних вод вважають характер і ступінь обмеження водокористування. Розроблені нормативні показники гранично-допустимих концентрацій (ГДК) в стічних водах встановлюється у законодавчому порядку або рекомендуються компетентними установами (табл. 3) [2, 4].

Таблиця 3

Гранично допустимі концентрації фтору в стічних водах [1]

Назва підприємств	Вміст фтору, мг/г
Господарсько-побутові	0,7
Культурно-побутові	0,75
Рибне господарство	0,01
СанПіН	1,5–0,7

Однією із значних причин забруднення водойм, яка призводить до погіршення якості природних і поверхневих вод та порушення нормальних умов гідробіонтів, являються викиди господарсько-побутових і промислових стічних вод. Так, тільки протягом року підприємствами, організаціями та установами Одеської області відведено у поверхневі водойми 321 млн куб. м стічних вод, майже половину цього скинуто без очищення або очищено недостатньо. За останні роки збільшився скид недостатньо очищених стічних вод, зменшився скид нормативно очищених. Це обумовлено в першу чергу незадовільним станом каналізаційних очисних споруд та порушенням технологічного процесу очищення стічних вод.

Високого антропогенно-техногенного тиску зазнає і Чорне море, особливо його прибережне мілководдя та Одеська затока. Протягом останніх десятиріч у південно-західній частині Чорного моря, що прилягає до Одещини, значно зросло забруднення морської води сполуками азоту та фосфору. Основними джерелами забруднення Чорного моря в межах Одеської області є стік Дунаю та Дністра, які виносять до моря більш як 80 % забруднюючих речовин [6]. Ріки виносять до моря органічні та мінеральні речовини, пестициди, препарати побутової хімії, токсичні компоненти промислових та сільськогосподарських стічних вод, нафтопродуктів. Значний внесок у забруднення морського середовища припадає на стоки промислових підприємств, комунально-побутові, зливові й дощові з берегової прибережної зони та забруднення внаслідок судноплавства. Поверхневі стічні води на всьому узбережжі області стікають в море від населених пунктів практично без очистки. Протягом року з території Одеси в море потрапляє 27 млн м^3 стічних вод, з Іллічівська — майже 5 млн м^3. З ними в море попадає відповідно, понад 400 тис. т (в Одесі) та 7 тис. т (Іллічівськ) завислих речовин, майже 500 т нафтопродуктів.

90 % всіх стічних вод з усієї Одеської області сконцентровані в м. Одеса. Тому місто є найбільшим домінантом впливу на природні води Південного Заходу України.

За останні роки загальне річне скидання стічних вод з міста Одеса у водотоки складає 15,6 км^3/рік, у тому числі комунальне господарство, якість води якого має свої особливості, — 3,8 км^3/рік, з них без очищення — 0,11 км^3/рік, недостатньо очищених — 1,25 км^3/рік, нормативно чистих без очищення — 0,12 км^3/рік, нормативно чистих після очищення — 2,32 км^3/рік [5].

Господарсько-побутові стічні води досліджуваної території складають приблизно 20 % всього об'єму стоків, які потрапляють в поверхневі водойми. Вміст фтору в стічних водах різних підприємств міста коливається в широких межах (рис. 1).

Як видно із рисунка, вміст фтору в стічних водах таких підприємств, як «Медлабортехніка», «Горзелентрест», готель «Лондонський», «Аркадія», «Кедр», не перевищує гранично допустимі концентрації.

Підвищений вміст фтору протягом усіх трьох років спостерігався в таких підприємствах, як «Агрек» — від 0,51 до 0,67 мг/л, Аеропорт «Оде-

са» — від 0,46 до 0,81 мг/л, «Одеський коровай» — від 0,34 до 1,35 мг/л, де вміст фтору в окремих випадках перевищує гранично допустимі концентрації.

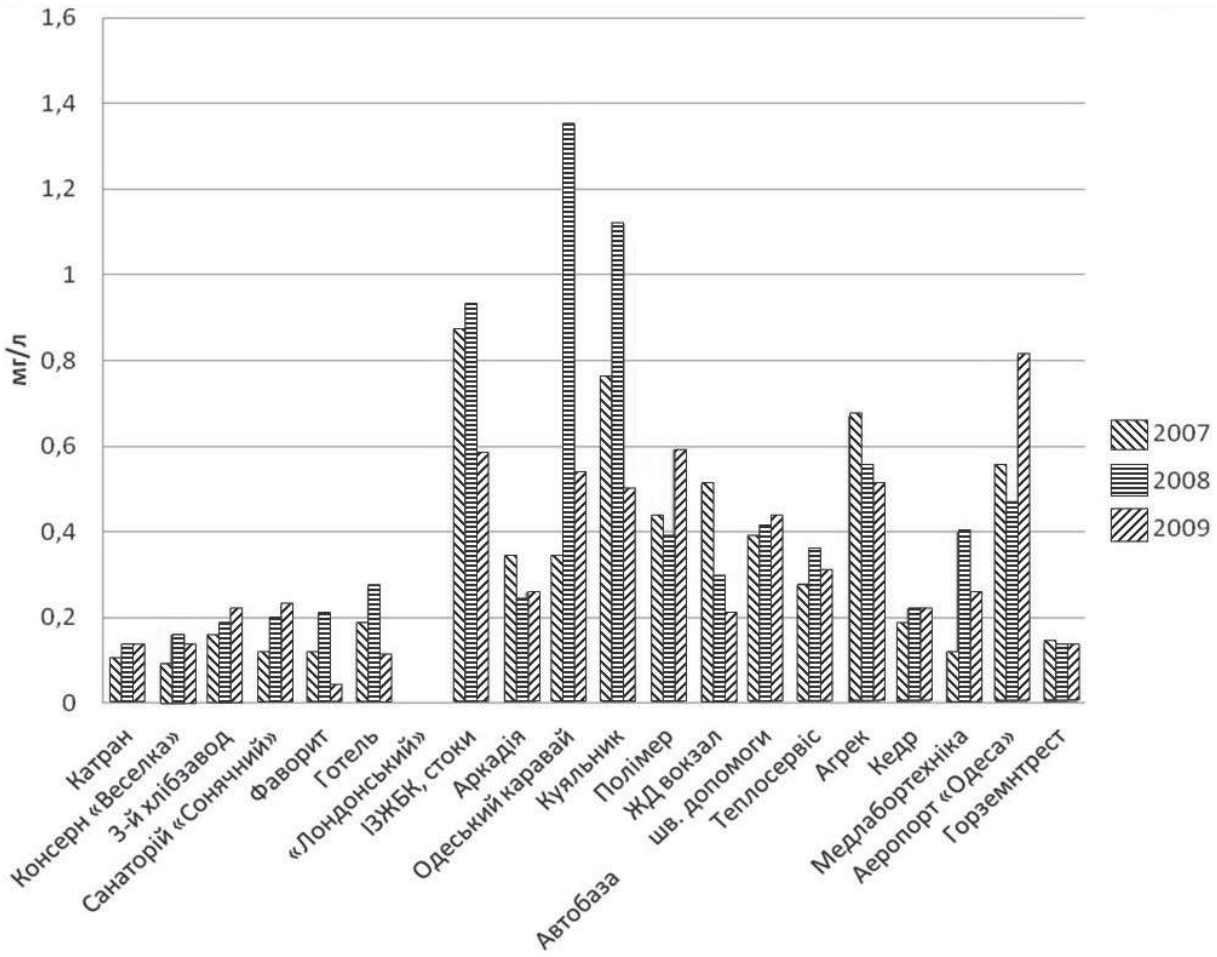

Рис. 1. Динаміка зміни вмісту фтору в стічних водах підприємств м. Одеса в період з 2007 р. по 2009 р.

Високий вміст фтору в стічних водах підприємств: «Хутрова фабрика» — 1,15 мг/л, «Одеський коровай» — 1,35 мг/л, «Куяльник» — 1,12 мг/л, ІЖБК — 0,93 мг/л, що перевищують гранично допустимі концентрації майже вдвічі.

Отже, стічні води міста не проходять повну очистку і тому можуть забруднювати як поверхневі, так і підземні води. Поверхневі води сьогодні належать до найбільш забруднених елементів природного середовища. Незважаючи на спад виробництва та закриття багатьох підприємств, суттєвого поліпшення якості води не простежено. Загалом можна виділити такі чинники, які негативно впливають на стан водних ресурсів території дослідження: скиди стічних вод у поверхневі водойми без належного очищення, прямий скид забруднених стічних вод у поверхневі водойми внаслідок виходу з ладу очисних споруд, самовільний скид стічних вод, розмивання берегів, порушення та руйнування берегових укріплень тощо.

Висновки

При вивченні якості підземних та поверхневих вод, крім визначення компонентів, вміст яких перевищує гранично допустимі концентрації, необхідно враховувати відсутність чи недостатню кількість цілого ряду біологічно активних хімічних елементів, наявність яких у водах зовнішнього середовища та у внутрішніх середовищах організмів відіграє важливу роль у регулюванні процесів життєдіяльності людини. Серед них можна виділити фтор, повна відсутність якого настільки ж небезпечна, як і його підвищені концентрації.

Причорноморська низовина є регіоном підвищеної концентрації фтору, що зумовлено фізико-географічними особливостями території. Вміст фтору в сарматських водах (глибина залягання яких понад 140 м) коливається в межах 0,21–2,20 мг/л. Багаті на фтор води понтичного горизонту — 1,6–2,2 мг/л. Підвищеним вмістом характеризуються води малих річок.

Одним із додаткових джерел забруднення підземних та поверхневих вод фтором являються стічні води. Вміст фтору в стічних водах більшості підприємств міста Одеси має високі значення, в багатьох випадках перевищуючи ГДК. Підвищення концентрації фтору в поверхневих водах, які використовують для господарсько-побутових, в тому числі питних цілей, можуть негативно вплинути на здоров'я населення регіону. Так, за останні десятиріччя серед населення міста спостерігається збільшення таких захворювань, як ендемічний флюороз зубів і кісток, захворювання карієсом зубів, порушення обміну речовин в організмі тощо. Екологічний стан водних ресурсів південного заходу України поліпшили б такі заходи: будівництво нових та реконструкція існуючих очисних споруд, впровадження нових технологій очищення стічних вод, повне каналізування міст і селищ, припинення скидів неочищених стоків у річки і море, проведення робіт з розчищення та берегоукріплення річок і моря, оптимізація господарської діяльності.

Література

1. *Акимова Т. А.* Экология. — М.: ЮНИТИ, 2001. — 121 с.
2. *Акулова К. И., Буштуева К. А.* Коммунальная гигиена. — М.: Медицина, 1986. — 230 с.
3. *Балюк С. А., Кукоба П. І., Ладних В. Я., Чаусова Л. О., Мирошниченко Л. Г.* Забруднення природних вод і ґрунтів біогенними елементами і фтором, шляхи його зменшення // Агрохімія і ґрунтознавство. — К. : Урожай, 1992. — Вип. 54. — С. 25–34.
4. *Беляев М. П.* Справочник предельно допустимых концентраций вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания. — М.: Госсанэпиднадзор, 1993. — 66 с.
5. Вода и здоровье — 2002 : Сб.научн. ст. / Одесск. гос. центр науч.-техн. и эконом. информации; отв.ред.: К. Д. Бабов, Б. М. Кац. — Одесса, 2002. — 203 с.
6. Одеський регіон: природа, населення, господарство: Навч. пос. / О. Г. Топчієв, І. І. Кондратюк, О. І. Полоса та ін.; За заг. ред. О. Г. Топчієва. — Одеса : Астропринт, 2001. — 184 с.
7. *Тригуб В. І., Позняк С. П.* Фтор у чорноземах південного заходу України: Монографія. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. — 148 с.
8. *Тригуб В. І.* Географічні особливості вмісту фтору в природних водах Північно-Західного Причорномор'я // Вісник Львівського університету. Серія географічна. Вип. 33. Львів, 2006. — С. 405–411.

В. И. Тригуб, Я. И. Игнат
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра почвоведения и географии почв,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ФТОР В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ ЮГО-ЗАПАДА УКРАИНЫ

Резюме

Анализируются географические особенности содержания фтора в поверхностных и подземных водах юго-запада Украины. Содержание фтора в природных водах исследуемой территории обусловлено ее географическим положением и влиянием Черного моря, геоморфологическими особенностями, а также хозяйственной деятельностью человека, в том числе сбросом загрязненных сточных вод.

Ключевые слова: фтор, природные воды, сточные воды, загрязнение.

V. I. Trigub, Y. I. Ignat
Odessa Mechnikov National University,
Departament of Soil Science and Soil Geografy,
Dvorianskaya st., 2, Odessa, 65082, Ukraine

FLUORINE IN NATURAL WATER AND SEWAGE OF THE SOUTHWEST OF UKRAINE

Summary

Geographical features of the fluorine's content in surface waters and underground waters the southwest of Ukraine are analyzed. The content of fluorine in natural waters of investigated territory is caused by its geographical position and influence of Black sea, geomorphological features, and also anthropogenic economic activities, in particular disposal the polluted sewage.

Key words: fluorine, natural waters, sewage, pollution.