

УДК 504:553.499(477.6)

РТУТОНОСНІСТЬ ВУГІЛЛЯ ДОНБАСУ

Б. Панов, О. Нікітенко, Н. Короткова, С. Сахно

*Донецький національний технічний університет
83000 м. Донецьк, вул. Артема, 58
E-mail: geolog@dgtu.donetsk.ua*

Ртуть негативно впливає на організм людини. Найвні дані засвідчують, що у Донбасі вміст ртуті в усіх середовищах перевищує гранично допустимі концентрації, що значно відрізняється від аналогічних показників закордонних країн. Тому сучасна екологічна ситуація в Донбасі повинна бути об'єктом комплексних досліджень.

Ключові слова: ртуть, вугілля, екологія, Донбас.

Донецький кам'яновугільний басейн є головним в Україні й одним з найважливіших не тільки в Європі, а й у світі. Від часу відкриття (1721) і промислового освоєння Донбасу видобуто понад 8 млрд тонн кам'яного вугілля, причому в 70-х роках ХХ ст. цей видобуток доходив до 200–212 млн т за рік. За середнього вмісту ртуті у вугіллі Донбасу близько 1 г/т [3] це означає, що з вугіллям добуто приблизно 8 тис. т ртуті, а це рівноцінне середньому за масштабами ртутному родовищу. Якщо врахувати вміст ртуті у вугіллі Микитівського ртутно-рудного поля (20 г/т і більше), наслідок буде ще більшим. Для порівняння зазначимо, що середній вміст ртуті у вугіллі США, за даними 6 000 аналізів, не перевищує 0,2 г/т [7].

З вугілля шахт дев'яти вуглепромислових районів Донбасу відібрано 2 638 проб, в яких визначено вміст Hg (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст ртуті у вугіллі вуглепромислових районів Донбасу [1, 3–6]

Вуглепромисловий район	Кількість відібраних проб вугілля	Вміст ртуті, г/т		
		максимальний	мінімальний	середній
Центральний (Горлівський)	1198	30	0,01	1,214
Красноармійський	43	20	0,02	2,372
Донецько-Макіївський	165	3,09	0,156	0,994
Селезнівський (Комунарський)	559	3,0	0,02	0,519
Боково-Хрустальнівський	299	8,8	0,12	0,478
Довжансько-Ровеньківський	148	3,2	0,25	0,299
Чистяково-Сніжнянський	8	0,4	0,10	0,263
Алмазно-Мар'ївський	216	8,4	0,03	0,124
Луганський	2	0,06	0,05	0,055
Усього	2638	8,55	0,084	0,702

Як бачимо, максимальний вміст ртуті у вугіллі (30 г/т) характерний для Горлівського (Центрального) вуглепромислового району (за середнього 1,214 г/т), мінімальний (0,05 г/т) – для Луганського району (за середнього 0,055 г/т). У вугіллі шахт Центрального (Горлівського) і Красноармійського вуглепромислових районів вміст ртуті перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК). Вміст ртуті по Донбасу становить: максимальне значення – 8,55 г/т, мінімальне – 0,084, середнє – 0,702 г/т.

Ртуть є елементом-ксенобіотиком, що негативно впливає на організм людини (хвороба Мінамоти) [7], особливо на вагітних. Потрапляючи з повітрям в організм людини, ртуть утворює токсичну метилртуть, що послаблює імунні властивості і спричинює серцево-судинні й інші захворювання. Не випадково приблизно половина малюків, народжених у районі Микитівського ртутного родовища, не доживає до року. Тому в Донбасі в десять разів і більше (порівняно з Норвегією, Данією й іншими країнами Європи) частіше трапляються захворювання на інфаркт міокарда, інсульти й інші серцеві хвороби. Це одна з причин, чому жителі нашого регіону живуть менше, ніж жителі інших, особливо західних областей України. Причиною підвищеного вмісту ртуті, а також арсену й інших хімічних елементів-токсикантів є, очевидно, належність вугільного басейну до центральної частини лінеамента Карпінського, який відділений зонами глибинних розломів від стабільних блоків Сарматського кратону. Нагромадження вугленосної товщі порід у Донбасі відбувалося на тлі рухів по них, що сприяло надходженню ртуті й інших елементів з мантийних глибин та їхньому накопиченню у вугленосній товщі, а також наступному гідротермальному перерозподілу ртуті й інших елементів у сприятливих структурних пастках [6].

Використання кам'яного вугілля Донбасу в Україні та прилеглих частинах Європи, а також в інших регіонах шляхом його спалювання в побутових цілях, коксохімічному виробництві, електроенергетиці тощо призводить до забруднення ртуттю значних просторів. Спочатку ртуть випаровується в повітряне середовище, потім осаджується разом з атмосферними опадами, накопичуючись у ґрунтах, потрапляє в підземні води. У ґрунтах заповідних місць Донбасу “Кам'яні Могили” і “Хомутівський степ” вміст ртуті становить 0,037 г/т, місцями в ґрунтах м. Донецька доходить до 4–9 г/т, а в районах Єнакіївського і Микитівського металургійних та коксохімічних заводів перевищує ці значення у два–три рази й більше.

Проблема забруднення ртуттю навколишнього середовища щораз більше починає привертати увагу дослідників, адже якщо всією промисловістю в XIX ст. видобуто 126,5 тис. т цього металу, то в XX ст. тільки за період 1945–1978 рр. використано таку ж її кількість (головно, у промисловому синтезі штучних тканин, целюлозно-паперовому виробництві, сільському господарстві (пестициди) тощо). Показово, що саме ртуть стала темою першої публікації, присвяченої аналізу зв'язків здоров'я людини та хімічного забруднення довкілля; нині проводять регулярні міжнародні конференції з цієї проблеми [7 та ін.].

Продуктивна діяльність людини століттями руйнує сформовані в природі зв'язки, а для того, щоб біоценози знову самоорганізувалися, потрібні десятки років і навіть сторіччя. Оскільки існує тенденція недооцінки цього явища, то повторення тези про негативний бік науково-технічного розвитку, про що писав ще В.І. Вернадський [2], необхідне.

Щорічно підприємства гірничорудної, кам'яновугільної, нафтопереробної й інших галузей промисловості добувають з надр землі мільярди тонн різних руд, паливних і будівельних матеріалів. В атмосферу викидають понад 200 млн т оксидів вуглецю; тільки від енергетичних установок у повітря надходить близько 600 млн т сірчаного ангідриду, 146 млн т оксиду сірки, 70 млн т неочищених токсичних газів тощо. На полях розкидають 90 млн т добрив і понад 2 млн т пестицидів. Усе це створює чималі екологічні проблеми.

Міжнародні експерти дійшли висновку, що сучасні антропогенні викиди ртуті у світову атмосферу такі ж, як і викиди в разі природних процесів. Водночас сучасні фонові рівні ртуті значно збільшилися, цілком ймовірно, внаслідок антропогенних викидів. З'ясовано також, що в межах декількох кілометрів від місця перебування джерела антропогенних викидів донні відклади ртуті перевищують фонові значення в 10–100 разів.

Результати аналізів, виконаних науково-дослідним біологічним центром м. Ніцца (Франція), свідчать, що в середземноморській рибі вміст ртуті утричі більший, ніж у рибі з Атлантичного океану [7].

Отже, вирішення завдань охорони біосфери і людини від техногенних, у тому числі хімічних, забруднень залежить від політики держав у боротьбі з реальною небезпекою екологічної кризи.

В.З. Фурсов на підставі багаторічних вимірювань вмісту парів ртуті у приземній атмосфері (2,0–2,7 м) різних регіонів визначив середній фоновий рівень ртуті ($2,01 \pm 0,01$ нг/л) і виявив граничні значення: мінімальне – $1,55 \pm 0,08$ (Північний Казахстан) і максимальне – $2,99 \pm 0,10$ (Крим). Автор спрогнозував подальше збільшення фонового рівня ртуті до $2,8$ нг/м³ унаслідок природних і антропогенних чинників. У Донецьку вміст ртуті в повітрі становить від 25 до 29 нг, у Горлівці – до 100 нг, а біля ртутного родовища в Микитівському районі Горлівки – до 1427 нг/л (за даними В.З. Фурсова). Температура ртутовмісних руд і порід на глибині їхнього залягання становить 50–700°C і вище, а цього достатньо для постійної сублимації парів ртуті. По зонах дроблення і тріщинуватості пари ртуті потрапляють нагору в напрямі зниження тиску.

Постійну наявність ртуті в атмосферному повітрі можна пояснити тим, що до природних джерел надходження в повітря додається техногенна ртуть, одержана в разі пірометалургійного способу з руди, а також виділена в процесі спалювання великої кількості вугілля, торфу, рідкого палива і газу (табл. 2).

Вугілля сьогодні є головним джерелом надходження в біосферу багатьох металів. Спостереження свідчать, що за відповідних метеорологічних умов техногенне розсіяння металів, особливо ртуті, може відбуватися на сотні й тисячі кілометрів, мати міжконтинентальні масштаби.

Як доказ закономірного зниження вмісту ртуті в атмосфері внаслідок планомірного проведення комплексу інженерно-технічних, організаційних і санітарно-технічних заходів, наведено дані про динаміку ртуті в атмосферному повітрі Микитівського ртутного комбінату за 1982, 1986–1988 рр. (за даними органів санітарного нагляду м. Горлівки). Середній вміст парів ртуті на відстані 1 км від заводу за цей період знизився з 5,2 до 0,7 мкг/м³, на відстані 2 км – з 4,2 до 0,6, на відстані 3 км – з 4,7 до 0,4 мкг/м³, тобто приблизно у вісім–десять разів.

Головні джерела, які зумовлюють техногенне забруднення довкілля ртуттю та її сполуками, за [7]

Природні й техногенні матеріали і продукти як джерела надходження ртуті у довкілля	Галузь промисловості (типові технологічні процеси); місце матеріального джерела забруднення в технологічному процесі	Вид виробництва, сфера застосування
Руда (ртутна, поліметалева)	Кольорова металургія, термічна переробка; сировина	Виробництво ртуті, кольорових металів (міді, цинку тощо), сірчаної кислоти
Нерудні викопні матеріали	Термічна переробка; сировина	Виробництво цементу
Органічне паливо (вугілля, торф, нафта, деревина)	Спалювання і термічна переробка; сировина	Виробництво теплової й електричної енергії, коксохімія
Ртуть і технологічні напівпродукти та цільові продукти, що її утримують	Хімічна, хіміко-фармацевтична, електротехнічна промисловість, амальгамування; сировина, допоміжний матеріал, наповнювач, каталізатор, технологічне устаткування (ртутний катод)	Виробництво хлору і каустичної соди, неорганічних та органічних сполук ртуті, електровакуумне виробництво, приладобудування. Видобуток дорогоцінних металів з руд, медицина (стоматологія), лабораторна практика
Неорганічні ртутьотримувальні сполуки (речовини, технологічні напівпродукти і цільові продукти виробництва)	Хімічна, хіміко-фармацевтична, електротехнічна промисловість; сировина, каталізатор, компонент виробу, використовується продукція	Виробництво неорганічних і органічних сполук ртуті, ацетальдегіду, хімічних джерел електричного струму, фарб, захист гідротехнічних споруд і підводних частин суден від обростання, медицина, фармація, фотосправа, лабораторна практика
Органічні ртутьотримувальні сполуки (речовини, технологічні напівпродукти і цільові продукти виробництва)	Хімічна, хіміко-фармацевтична промисловість; сировина, використовується продукт	Захист рослин від шкідників і хвороб у сільськогосподарському виробництві (протравлювання насіння), захист гідротехнічних споруд і підводних частин суден від обростання, медицина, фармація, лабораторна практика, боротьба зі слизоутворенням у виробництві паперу

Не можна не враховувати таке велике джерело забруднення довкілля, як ртуть, що виділяється в процесі спалювання всіх видів палива. З'ясовано, що на частку ТЕЦ потужністю 1 300 МВт припадає 3,5 кг ртуті за добу у вигляді парів і 0,3 кг за добу у вигляді аерозолі; у середньому під час спалювання вугілля 90 % ртуті виходить з димом і тільки 10 % залишається в золі [7].

За даними вмісту ртуті в ґрунті навколо Микитівського ртутного комбінату виявлено тісний взаємозв'язок між ступенем забруднення ртуттю атмосферного пові-

тря і ґрунту. Показником цього є поступове зниження вмісту ртуті в ґрунті з віддаленням від пірометалургійного заводу, інтенсивніше забруднення ґрунту в напрямі панівних вітрів і, нарешті, в обох випадках підвищення вмісту ртуті, що визначили в радіусі до 5 км від джерела ртутних викидів (табл. 3). Інтенсивність забруднення ґрунту ртуттю в районі ртутного комбінату досить значна.

Таблиця 3

Вміст ртуті в атмосфері і ґрунті району Микитівського ртутного комбінату, за Г.Я. Чегринцем [8]

Вміст ртуті	Відстань від комбінату, км							Конт- роль
	0,5	1	2	3	4	5	6	
В атмосфері, мкг/м ³								
Максимальний	н/в	4,0	2,5	1,8	1,2	0,8	0	0
Мінімальний	н/в	0,6	0,5	0	0	0	0	0
Середній	н/в	3,1	1,5	0,9	0,5	0,1	0	0
У ґрунті глибиною до 10 см, мг/кг								
Максимальний	135,8	37,4	20,1	4,8	5,1	0,9	0,16	0,21
Мінімальний	3,9	0,5	0,6	0,1	0,1	0,2	0,05	0,12
Середній	37,4	10,1	5,6	1,8	1,1	0,5	0,10	0,15

Примітка: н/в – не визначено.

У разі порівняння цих показників з фоновими значеннями вмісту ртуті для зазначених ґрунтів (у середньому 0,15 мг/кг) стає очевидним, наскільки серйозним джерелом забруднення ґрунту ртуттю є ртутний комбінат.

Вміст ртуті над континентами приблизно в десять разів вищий, ніж над Світовим океаном. У стовпі повітря над континентальними областями утримується $1,5 \pm 0,5$ г/км² ртуті, що призводить до випадання за добу 0,15 г/км² металу. У цілому в атмосфері є 350 т ртуті (260 т над континентами і 90 т над океанами, площа яких у чотири рази більша від площі суші). Частка антропогенної ртуті в атмосфері коливається від 10 до 20 %, її оцінюють приблизно в 50 т. Час виведення ртуті з ґрунту в атмосферу становить $4 \cdot 10^2$ років, із ґрунту в гідросферу – $9 \cdot 10^2$ років, на сушу осаджується 0,8 % усієї кількості металу, що є в атмосфері [7].

Дотримання гігієнічних стандартів вмісту хімічних елементів у довкіллі дає змогу уникнути накопичення їх в організмі людини понад допустимий рівень. Допустимий рівень (ДР) – це така кількість речовини в організмі або критичному органі, яка за постійного вмісту не спричинює змін у стані здоров'я людини, що виявляють сучасними методами дослідження. У цифровому вираженні для елементів Періодичної таблиці допустимий рівень дорівнює верхній межі норми. Допустиме нагромадження елементів відображає максимально допустиме навантаження внаслідок забруднення ними довкілля. Критичний рівень (КР) – це така кількість елемента в біосередовищах організму, що супроводжується гігієнічно значущими зрушеннями в організмі. Звичайно КР в 1,5–3,0 рази перевищує ДР.

Особливо небезпечна для людини наявність в атмосферному повітрі, яким ми дихаємо, ртуті, а також таких її сполук, як метилртуть CH_3Hg , диметилртуть CH_3HgCH_3 , метилхлорид ртуті CH_3HgCl , що містяться у вихлопних газах автотранспорту та ін. Останні два компоненти є в повітрі у концентраціях від 0,004 до 0,04 нг/м². Відома в усьому світі хвороба Мінамоти (Японія) пов'язана з масовими інтоксикаціями метилртуттю, яка за рН < 7 потрапляє в біоценоз, ця ж сполука ртуті досить негативно впливає на вагітних жінок та їхній плід. Питання про біоло-

гічну роль ртуті ще не вирішено, однак її визначення в крові, слині, волоссі, виділеннях організму, як і продуктах харчування, рослинах тощо досить важливе, тому що дає змогу визначити ступінь небезпеки концентрацій ртуті, що виявляються в організмі людини. Медиками доведено, що як мікроелемент ртуть благотворно впливає на деякі фізичні процеси в організмі тварин і людини, однак за високої концентрації вона перетворюється в токсичну (табл. 4).

Таблиця 4

Вміст метилртуті CH_3Hg (у перерахунку на ртуть) у біосередовищах людини [7]

Біосередовище	Вміст ртуті		
	у нормі	за летальних випадків отруєння	в осіб, які вживають забруднену рибу
Цільна кров, нг/кг	5	1300	155–650
Еритроцити, нг/кг	10	2400	822–1200
Волосся, мг/кг	10	500	56–185

Отже, сучасна мінералого-екологічна ситуація, безперечно, повинна бути об'єктом комплексних досліджень. Кожен з нас зацікавлений в екологічному благополуччі середовища існування.

1. *Большаков А.П., Кирикилица С.И., Птушка Л.И., Эдельман А.М.* Техногенные ореолы ртути // Гигиена и санитария. 1974. № 2. С. 11–112.
2. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения: В 6 т. М., 1954–1960. Т. 1–6.
3. *Дворников А.Г., Кирикилица С.Н.* Ртутоносность углей Донецкого бассейна. М., 1987.
4. *Курмелев И.И., Шевченко В.П., Доброгорский Н.А., Сафралова И.Л.* Токсичность продукции шахт Чистяково-Снежнянского геолого-промышленного района Донбасса // Уголь Украины. 1999. Июль. С. 41–42.
5. *Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Груба В.И.* Минералогия Донецкого бассейна. Т. 1. К., 1975.
6. *Панов Б.С., Корчемагин В.А., Панов Ю.Б.* Экологическое значение селена, таллия и других микроэлементов в углях Донбасса // Доп. НАНУ. 2004. № 6. С. 193–195.
7. *Трахтенберг И.М., Коришун М.Н.* Ртуть и ее соединения в окружающей среде. К., 1990.
8. *Чегринец Г.Я.* Загрязнение внешней среды ртутноорганическими пестицидами // Остатки пестицидов: Тр. II Всесоюз. совещ. по исслед. остатков пестицидов, профилактике загрязнения ими продуктов питания, кормов и внешней среды. Таллинн, 1971. С. 373–376.
9. *Mercury Environmental Health Criteria.* Geneva, 1976.
10. *Jindberg S.E.* Mercury partitioning in a power, plant plume and its influence on atmospheric removal mechanisms // Atmosph. Environ. 1980. Vol. 14. N 2. P. 227–231.
11. *World Health Organization Meeting of investigators for the international study of normal values for toxic substances in the human body.* Geneva, 1985–2002.

MERCURY IN THE COAL OF DONBAS REGION**B. Panov, O. Nikitenko, N. Korotkova, S. Sakhno**

*Donets'k National Technical University
Artema St. 58, UA – 83000 Donets'k, Ukraine
E-mail: geolog@dgtu.donetsk.ua*

The mercury negatively influences on human organism. The available data testify, that in Donets'k basin the contents of mercury in all environments exceeds an extreme allowable level, and it essentially differs from similar parameters in foreign countries. The modern ecological situation in Donbas should be the object of complex researches.

Key words: mercury, coal, ecology, Donbas.

Стаття надійшла до редколегії 26.12.2005

Прийнята до друку 01.11.2006