

<https://doi.org/10.15407/geotech2019.29.006>
УДК 550.4

Долін В.В.

Долін В.В., доктор геол. наук, проф., Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, vdolin@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-6174-2962>.

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ГЕОХІМІЇ ТЕХНОГЕНЕЗУ

У вступній статті до оновленого Збірника наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища розглянуто історичні аспекти виникнення, розвитку та формування сучасних проблем наукового напрямку «Геохімія техногенезу». Цей напрям вивчає сукупність хімічних та технічних процесів, спричинених діяльністю людства, які ведуть до перерозподілу хімічних елементів на планеті. Він виник на основі сучасної геохімії В.І. Вернадського, що вивчає процеси формування хімічного складу земної кори, розвинутої в працях О.Є. Ферсмана. Розвиток науково-технічної революції, що призвела до формування нової геологічної сили – Людини, – зумовила істотний перерозподіл хімічних елементів у земній корі внаслідок антропогенної діяльності. Зона техногенезу сягає нижньої границі біосфери в земній корі. Техногенна емісія окремих хімічних елементів (Pb, Se) більша як у 100 разів перевищує їхню природну емісію. Обсяги речовини земної кори, залученої в процеси техногенезу, на порядок перевищують осадонакопичення у фанерозої, що веде до порушення термодинамічної квазірівноваги, сформованої протягом 4.5 млрд років. Особливої актуальності цей напрям набув у другій половині ХХ ст. унаслідок внесення у біосферу низки нових речовин, які не існують в природі. Сучасні проблеми геохімії техногенезу знаходяться в полі дослідження глобального антропогенного циклу «енергія – відходи». У широкому сенсі відходи – це все, що є результатом нашої діяльності з виробництва енергії та її використання. Їх надходження у біосферу втричі перевищує темпи осадонакопичення у фанерозої. Головні шляхи подолання антагонізму між техносферою та біосферою полягають в глобальному впровадженні замкнутого виробничого циклу та доведення вже накопичених відходів до стану, який вписується у природні біогеохімічні цикли. Базовим принципом поводження з відходами повинна стати перспективна придатність їх використання майбутніми поколіннями на відповідному етапі розвитку науково-технічної революції. Головним пріоритетом наукових досліджень повинна стати екологічна стабілізація біосфери.

Ключові слова: геохімія, техногенез, енергія, відходи, біосфера, науково-технічна революція

Пам'яті академіка НАН України Е.В.Соботовича

*Мы живем на повороте в удивительную эпоху истории человечества
В.И. Вернадский (Очерки геохимии)*

Геохімія, як наука про розподіл хімічних елементів у земній корі, особливо інтенсивно розвивалася з середини ХІХ століття. Термін «геохімія» запропоновано швейцарським хіміком К.Ф. Шенбейном у 1838 р.

Проте на початку ХХ ст. геохімія ще не мала єдиної концепції. Її становлення відбувалося більш-менш незалежно у різних країнах. До 1908 р. американський учений Ф. Кларк узагальнив величезний матеріал щодо числових величин вмісту хімічних елементів у земній корі та гідросфері й звів його в книзі «*Date of geochemistry*», яка витримала п'ять прижиттєвих видань. Книга Кларка стала основою для

подальших узагальнень в геохімії, розраховані ним величини постійно уточнюються та доповнюються.

Розвиток геохімії пов'язано з іменем проф. В.М. Гольдшміда, котрий у 1930 р. створив найбільш потужний на той час центр геохімічних досліджень в університеті Геттингена в Німеччині. Саме він увів до геохімії поняття щодо поведінки хімічних елементів, зумовленої їхньою будовою, та закономірностей їхнього розподілу в земній корі.

На рубежі ХІХ-ХХ ст. було зроблено низку великих відкриттів у природничих науках. Уявлення про геохімію як науку **про історію земних атомів** – процеси формування хімічного складу земної кори –

виникло у В.І. Вернадського на фоні новітньої атомістики, хімії і фізики у тісному зв'язку з генетичною мінералогією. «Геохімія науково вивчає хімічні елементи, тобто атоми земної кори та наскільки можливо – всієї планети. Вона вивчає їхню історію, їхній розподіл і рух у просторі–часі, їхні генетичні на нашій планеті співвідношення» [1]. В.І. Вернадський не лише виявив закономірності концентрування та розсіювання хімічних елементів при формуванні Землі та її оболонок (створив концепцію геохімії), але й напов-

нив окремі розділи цієї науки конкретним науковим змістом, та дуже багато зробив для розвитку прикладних напрямів геохімії.

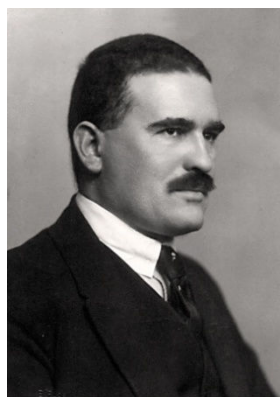
Геохімія В.І. Вернадського істотно відрізнялася від уявлень Ф.У. Кларка і В.М. Гольдшміда. Тому перша публікація (французькою мовою в Парижі [2]) не викликала резонансу в Європі, а окремі відгуки на неї були швидше негативними, ілюструючи нерозуміння вперше викладеного комплексного підходу до опису природних явищ.



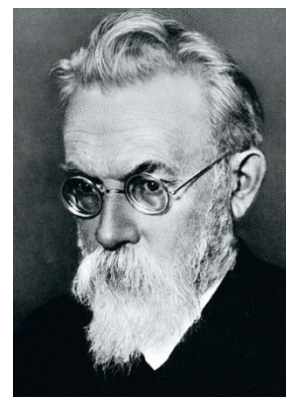
Кристіан Фрідріх Шенбейн
Christian Friedrich Schönbein
(1799-1868)



Франк Уиглсуорт Кларк
Frank Wigglesworth Clarke
(1847-1931)



Віктор Моріц Гольдшмідт
Victor Moritz Goldschmidt
(1888-1947)



Володимир Іванович Вернадський
Volodymyr Vernadsky
(1863-1945)

Спираючись на природознавчі роботи Ф. Енгельса щодо форм руху матерії, В.І. Вернадський уявляє міграцію атомів хімічних елементів, як одну з цих форм, заклавши нову методологію геохімії – вивчення геологічних процесів на атомарному рівні. Вчений визначає одну з центральних проблем геохімії – характер та особливості хімічних реакцій в біосфері, її хімічну рівновагу. До головних засад геохімії, розроблених В.І. Вернадським, відносяться:

- теоретичне обґрунтування геохімічної класифікації хімічних елементів;
- вчення про форми знаходження хімічних елементів у земній корі та «наскільки це можливо» планеті в цілому;
- поняття геохімічного циклу;
- термодинамічний підхід до вивчення історії хімічних елементів земної кори – часових закономірностей зміни форм їх знаходження;
- виділення у земній корі термодинамічних областей, що характеризуються певними парагенезисами хімічних елементів.

Уперше в світі курс лекцій з геохімії прочитав блискучий учень і сподвижник В.І. Вернадського О.Є. Ферсман у 1912 р. в Московському міському народному університеті ім. А.Л. Шанявського. Саме він запропонував у 1934 р. термін «техногенез» для опису геохімічної діяльності

людства. І хоча В.І. Вернадський у своїх працях не застосовував цього терміну, він впритул підійшов до опису тих еволюційних процесів, які ми спостерігаємо сьогодні. «Рівновага в міграції елементів, котра встановилася протягом геологічних часів, порушується розумом та діяльністю людства. Ми знаходимося наразі в періоді зміни цим шляхом термодинамічної рівноваги всередині біосфери» [3]. До головних чинників біогенної міграції хімічних елементів, пов'язаних з речовиною живих організмів, учений відносив:

- генетичні властивості живого організму;
- інтенсивність біогенного току атомів;
- техніку життя живих організмів;
- а також зміни в положенні атомів унаслідок

внесення в біосферу нових сполук.

Останній за своїм ефектом є найбільш потужним чинником біогенної міграції, що згодом було покладено О.Є. Ферсманом в основу теорії біогенезу та техногенезу. Аналізуючи ці процеси зі загальних методологічних позицій геохімії, він встановив зв'язок між використанням хімічних елементів людиною та їх положенням у періодичній таблиці, розміром атомів, іонів, кларків: «Промислова діяльність людства в узгодженні з кривими кларків та геохімічними рисами Менделєєвської таблиці, використовує переважно три групи елементів: 1) метали металічного поля, 2) стій-

кі, термічно і механічно стійкі елементи звичайного поля та 3) рухливі непарні рідкісні елементи» [4].

У сучасному сенсі геохімія техногенезу вивчає сукупність хімічних та технічних процесів, спричинених діяльністю людства, які ведуть до перерозподілу хімічних елементів на планеті. Роль техногенезу дуже швидко зростає і в загальному еволюційному процесі веде до перетворення біосфери у техносферу. Зникають окремі родовища корисних копалин, їхня речовина



Олександр Свєгенович Ферсман

OleksandrFersman
(1883–1945)



Олександр Павлович Виноградов

OleksandrVynogradov
(1895–1975)



Борис Борисович Полинов

BorysPolynov
(1877–1952)



Олександр Ілліч Перельман

OleksandrPerelman
(1916–1998)

Починаючи з другої половини ХХ століття техногенез набуває ролі головного геохімічного чинника на поверхні Землі. Об'єктами дослідження геохімії техногенезу стають техногенні процеси у містах, агроландшафтах, районах гірничо-збагачувальних комбінатів і рудників, річках, озерах та світовому океані. У цей період геохімія техногенезу органічно розвивається у тісному взаємозв'язку з екологічними аспектами геохімії, що відображено в роботах О.П. Виноградова, Б.Б. Полинова, О.І. Перельмана, В.В. Ковальського, В.В. Добровольського, Л.І. Овчинникова, В.К. Лукашова та К.І. Лукашова, В.В. Іванова, Ю.Ю. Саєта та ін. Одними з перших в Україні проблеми геохімії техногенезу почали вивчати Б.Ф. Міцкевич (біогеохімічний напрям), Е.Я. Жовинський (екологічна і пошукова геохімія), А.П. Травлєєв (геохімія ґрунтів).

Чорнобильська катастрофа спонукала вчених до вивчення екологічних наслідків забруднення навколишнього природного середовища штучними радіонуклідами та зумовила перегляд ставлення до ядерної енергетики і проблем енергетичного комплексу загалом. У 1991 р. під керівництвом академіка НАН України Е.В. Соботевича було створено Відділення радіогеохімії навколишнього середовища ІГФМ НАН України (від 1996 р. – Державний науковий центр радіогеохімії навколишнього середовища НАН та МНС України, від 2001 р. – Інститут геохімії навко-

на перетворюється зовсім в інший стан. Горючі речовини «віддають» запаси своєї енергії, перетворюючи залізни та інші руди в метали – речовину, яка знаходиться на істотно іншому енергетичному рівні. Протягом 70 років використовуються ядерні джерела енергії. Усі ці чинники техногенезу перетворюють навколишній світ. Геохімічна роль людства за своїми масштабами зрівнюється з природною.

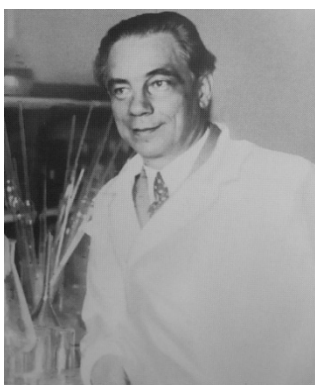
лишнього середовища НАН України) та водночас побачила світ монографія «Геохімія техногенезу» [12].

Зона техногенезу коротко характеризується наступним чином [5]. Її потужність досягає 7.5 км, що практично відповідає нижній границі біосфери в літосфері. Переміщення та перевідкладення відносно порожніх порід у верхній частині гідролітосфери у 8,1 разів перевищує інтенсивність осадо накопичення у фанерозої – 2,3 млрд т·рік⁻¹. Надходження відходів промислового та сільськогосподарського виробництва, включаючи добрива та пестициди, перевищує за масою осадо накопичення у фанерозої у 3,2 рази [6]. Людина використовує понад 10 % загального річкового стоку та близько 11 % території суші [7]. У межах землекористування існують ділянки максимального скопичення населення (великі міста), до яких, за правило, прив'язані потужні промислові та енергетичні об'єкти.

Уся діяльність Людства пов'язана з концентруванням одних та розсіюванням інших хімічних елементів. Головні потоки техногенних речовин виникають унаслідок господарської діяльності людини. Відторгнення природних угідь веде до формування нових агробіогеоценозів, лик ландшафтів змінюється під впливом гірничої та металургійної промисловості. Розвиток промисловості призводить до зростання енергоспоживання та необхідності нарощування енер-

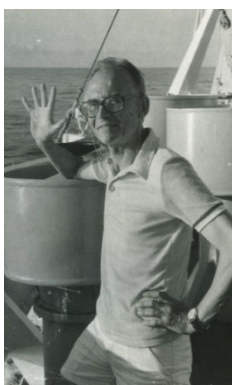
гетичних потужностей, вимагає нових, все більш потужних джерел енергії. Наразі глобальна техногенна

емісія окремих хімічних елементів (Pb, Se) більш як на два порядки перевищує природну (рис. 1).



Віктор Владиславович Ковальський

ViktorKovalskii
(1899–1984)



Всеволод Всеволодович Добровольський

VsevolodDobrovolskii
(1924–2010)



Лев Миколайович Овчинников

LevOvchynnykov
(1913–2002)



Костянтин Ігнатович Лукашов

KostyantynLukashov
(1907–1987)



Валентин Костянтинович Лукашов

ValentynLukashov
(1938–1998)



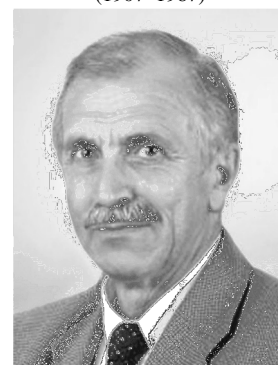
Володимир Васильович Іванов

VolodymyrIvanov
(1928–2015)



Борис Феропонтович Міцкевич

BorysMitskevych
(1925–2003)



Едуард Якович Жовинський,
чл.-кор. НАН України

Prof. EduardZhovynskii

Головною рисою минулого століття є розвиток енергоємних технологій, що спричинило інтенсивний розвиток енергетичної галузі. Унаслідок антропогенезу було створено низку речовин (штучних ізотопів, органічних сполук тощо), які не існують в природі або не притаманні геологічному середовищу. Антропогенний чинник призвів до певних змін біосфери, як глобальних, наприклад кліматичних, так і локальних – появи нових або мутації існуючих біологічних видів. Досвід минулих досліджень показав, що поведінка хімічних елементів техногенного генезису в навколишньому середовищі істотно відрізняється від їх природних аналогів, що, зокрема, призвело до утворення техногенних аномалій [11].

На межі ХХ–ХХІ ст. темпи антропогенного перетворення біосфери зрівнялися, а подекуди – перевищують потужність природних геологічних процесів формування хімічного складу земної кори. У процесі

техногенезу сформувалася низка глобальних проблем [12]:

- отруєння повітря, води і ґрунту відходами промисловості та сільського господарства, звідси недостатність чистої прісної води, а, можливо, й кисню повітря, відсутність екологічно чистих територій на Землі;
- недостатність продуктів харчування унаслідок перенаселення планети, виснаження та ерозії ґрунтів;
- вичерпання мінеральних ресурсів та енергетичне голодування;
- порушення геологічної, геохімічної, біологічної та кліматичної рівноваги в природі;
- теплове забруднення планети.

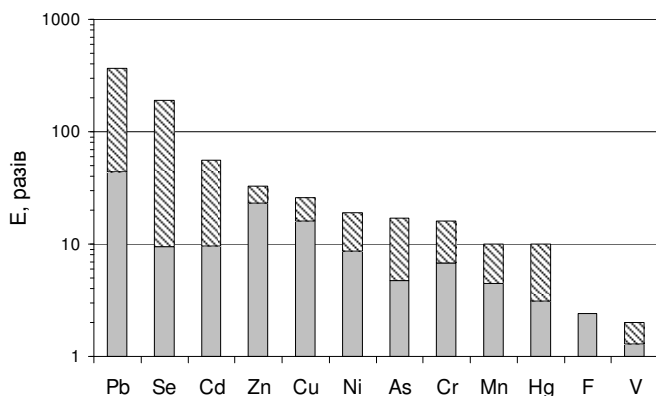


Рис. 1. Техногенна емісія хімічних елементів:

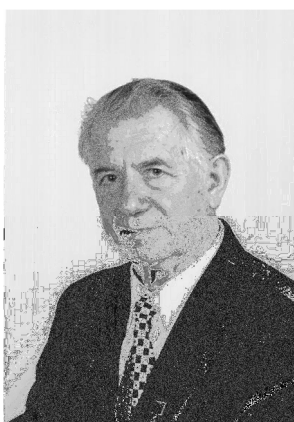
$$E = \frac{\text{техногенна емісія}}{\text{природна емісія}}$$

Заштрихована область – граничні величини оцінок з різних джерел [5, 8–10].

Fig. 1. Artificial emission of chemical elements:

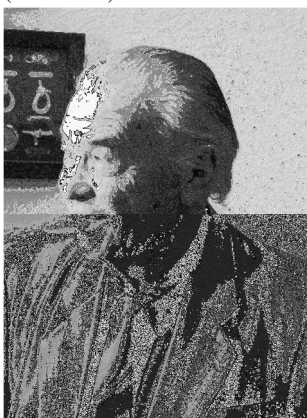
$$E = \frac{\text{artificial emission}}{\text{natural emission}}$$

Shaded area is corresponded to limits of assessment from different sources [5, 8–10].



Анатолій Павлович Травлєв

Anatolii Travliev
(1929–2016)



Емлен Володимирович Собо-
тович

Emlen Sobotovych
(1927–2013)

Техногенез, рушійною силою котрого є антропогенний чинник, веде до трансформації біосфери в техносферу. У процесі цієї еволюції внаслідок антропогенної діяльності спостерігається порушення одного з найголовніших геохімічних принципів – про незмінність біосфери та геохімічних циклів хімічних елементів, що сформувалися протягом геологічного часу.

Людство не може існувати без невідомого вилучення з природи того, що дає йому енергію. Лозунг Мічуріна: «Ми не повинні чекати милостей від природи, взяти їх у неї – наша задача» сприймався надто буквально. Потрібна електроенергія – побудували Дніпрогес, а затим і цілий каскад ГЕС на Дніпрі. Вичерпали Ше-

белінку «до дна», - знищуємо чорноземи заради вугілля, руди тощо. Якщо розвиток техногенезу продовжуватиметься відповідно до цього лозунгу, сучасну цивілізацію чекає безславний кінець.

Наукова спільнота усвідомила загрозу існування людства близько 50 років тому: у 1970 р. Римський клуб видав книгу «Межі росту», яка доповнювалася та первидалася тричі (останнє видання російською у 2007 р.) Останнім часом не лише вчені, а й політики забили на сполох з цього приводу.

На часі найголовніші проблеми людства – це енергія і відходи. У широкому сенсі відходи – це все, що є результатом нашої діяльності з виробництва енергії та її використання. Навіть якби ми не мали енергетичних проблем та виробляли енергію в необмежених обсягах, то відходи утворювалися б у вигляді теплового забруднення планети.

Поклади газу й нафти буде повністю вичерпано у поточному столітті, вугілля – в наступному. При збереженні сучасної структури ядерної енергетики запасів урану стане на 100 років. Ресурси енергії великих річок практично вичерпано, альтернативні джерела енергії – сонячна і вітрова, – ніколи не зможуть скомпенсувати неминучі втрати сучасних енергетичних ресурсів. Альтернативні види палива, що виробляються з рапсу або інших олійних культур, також не зможуть стати заміною нафти й газу.

Наразі істотна частина населення Землі відчуває нестачу продуктів харчування, частина – голодує. Щорічні втрати ресурсів родючих ґрунтів у світі становить 16 млн. га.

Поводження з відходами – це друга глобальна проблема після енергетичної. На часі лише в Україні накопичено близько 2.5 млрд т відходів [13]. Зменшення обсягу відходів супроводжується збільшенням енергозатрат. Проте й зменшення обсягу відходів не може бути безкінечним, скільки б енергії ми на це не витрачали. Тож потрібно прагнути користуватися такими джерелами енергії, відходи котрих найменшою мірою впливають на стан біосфери.

З позицій сталого розвитку – це продукт антропогенної діяльності, який на сучасному етапі розвитку суспільства та в найближчому майбутньому не може бути використано у матеріально-технічному виробництві з метою підвищення добробуту людей з причин відсутності відповідних технологій або їх економічної та/або екологічної недоцільності.

При цьому базовою позицією поводження з відходами є перспективна придатність їх використання майбутніми поколіннями на відповідному етапі розвитку науково-технічної революції.

Висновки

У другій половині ХХ століття особливої актуальності набувають екологічні аспекти геохімічних досліджень, зумовлені розвитком науково-технічної революції та набуттям людиною головної геологічної сили. Серед них чільне місце посідає геохімія техногенезу – наука, що вивчає сукупність хімічних та технічних процесів, спричинених діяльністю людства, які ведуть до перерозподілу хімічних елементів на планеті.

На часі перед цивілізацією стоїть дві глобальних проблеми – енергія і відходи. Зростання енергоємності виробництва веде до нарощування енергетичних потужностей, унаслідок чого зростають обсяги накопичення відходів. Живучи сьогоднішнім днем, людство свій добробут створює шляхом перетворення біосфери в неорганізоване звалище сміття. Науковий прогрес слугує задоволенню потреб сьогодення, і ми практично нічого не робимо для запобігання трагічній розв'язці. Альтернатива – у нашій дійсній, а не декларативній розумності, яка полягає у використанні оточуючого світу без руйнування цього світу. Головним пріоритетом наукових досліджень повинна стати екологічна стабілізація біосфери.

«Людина, як вона спостерігається у природі – як і всі живі організми, як будь-яка жива речовина, – є певна функція біосфери, у визначеному її просторі – часі» [14]. На сучасному етапі еволюції, створивши техносферу, людина протиставила себе біосфері.

Головні шляхи подолання антагонізму між техносферою та біосферою полягають в глобальному впровадженні замкнутого виробничого циклу та доведення вже накопичених відходів до стану, який впи-

сується у природні біогеохімічні цикли. Для цього необхідно створення безвідходних технологій отримання енергії. На часі найбільш прийнятною є ядерна, а в перспективі – термоядерна енергетика. Проте вони не безвідходні. Впровадження в Україні дворівневої ядерної енергетики, коли енергетичні реактори працюватимуть у сполученні з реакторами-трансмутаторами, що забезпечують випалювання небажаних ізотопів, може стати початковою фазою стабілізації розвитку.

В історії цивілізації неодноразово виявлялося, що відходи попередніх поколінь є цінною сировиною для наступних. Базовим принципом поводження з відходами повинна стати перспективна придатність їх використання майбутніми поколіннями на відповідному етапі розвитку науково-технічної революції.

У цій статті використано ідеї та розробки академіка НАН України Е.В. Собоновича, опубліковані у співавторстві [14–17].

Література

1. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е (2-е рус.) изд. М.: Гос. науч.-техн. горно-геол.-нефт. изд-во, 1934. 380 с.
2. *Vernadsky W.* La Géochimie. Paris: F. Alcan, 1924. 404 p.
3. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии // *Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського.* Т. 7, кн. 1: *Праці з геохімії та радіогеології* / За ред. Е.В. Собоновича, В.В. Доліна, Г.М. Бондаренка, Р.Я. Белєвцева. Київ: НАН України, 2012. С. 235-624.
4. *Ферсман А.Е.* Избранные труды. Т.4: Геохимия. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 588 с.
5. *Ермаков В.В.* Биогеохимическая эволюция таксонов биосферы в условиях техногенеза. Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы / Под ред. В.В. Ермакова. М.: Наука, 2003. С. 5-22.
6. *Тютюнова Ф.И.* Гидрогеохимия техногенеза. М.: Наука, 1987. 336 с.
7. *Ковда В.А.* Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком. Биогеохимические циклы в биосфере. – М.: Наука, 1976. С. 19-85.
8. *Hope V.K.* A global biogeochemical budget for vanadium. *Sci. Total Environment.* – 1994. V. 141. P. 1-10.
9. *Mukherjee A.B.* Behavior of heavy metals and their remediation in metalloferrous soils. *Metals Environment.* Ed.: M.N.V. Prasad. N.-Y.-Basel: Marcel Dekker Inc., 2001. P 433-471.
10. *Расуна J.M.* Contribution of elements to the atmosphere from natural sources // *Chemical climatology geomical problems* / Ed.: J. Lag. – Oslo: The Norweg. Ac. Sci. Let., 1992. P. 91-104.
11. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.
12. *Собонович Э.В., Ольштынский С.П.* Геохимия техногенеза / Под ред. Г.В. Войткевича. К.: Наук. думка, 1991. 228 с.
13. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2004 році.* Київ: Мінприроди України, 2005. 227 с.
14. *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетарное явление. Отв. ред. А.Л. Яншин. М.: Наука, 1991. 268 с.
15. *Собонович Э.В., Долін В.В.* Эколого-геохимические проблемы техногенной эволюции биосферы // *Научное наследие В.И. Вернадского и современность* / под ред. Н.В. Багрова, Л.Г. Руденко, Е.А. Позаченюк и др. Симферополь, ИТ «Ариал», 2013. С. 29-58.
16. *Собонович Э.В., Долін В.В.* Великий Кобзар природознавства // *Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського.* Т. 7: *Праці з геохімії та радіогеології, кн. 1* / За ред. Е.В. Собоновича, В.В. Доліна, Г.М. Бондаренка, Р.Я. Белєвцева. – К.: Фенікс, 2012. С. 20-32.

17. Соботович Э.В., Долін В.В. Современные проблемы экологической стабилизации биосферы // Зб. наук. праць Ін-ту геохімії навколишнього середовища. Київ, 2013. Вип. 22. – С. 22—42.

References

1. Vernadsky W. (1934), *Essays on geochemistry*, 4th (2nd Rus.) Ed. State. scientific and technical mining geological oil Publishing House, Moscow, RU, 380 p.
2. Vernadsky W. (1924), *La Géochimie*, Alcan, Paris, FR, 404 p.
3. Vernadsky W. (2012), *Essays on Geochemistry*, Selected Scientific Papers of Academician V.I. Vernadsky. Vol. 7, NAS of Ukraine, Kiev, UA, pp. 235-624.
4. Fersman A. (1958), Selected Works, T.4, *Geochemistry*, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow, RU, 588 p.
5. Ermakov V.V. (2003), *Biogeochemical evolution of biosphere taxa under technogenesis*, Nauka, Moscow, RU, pp. 5-22.
6. Tyutyunova F.I. (1987), *Hydrogeochemistry of technogenesis*, Nauka, Moscow, RU, 336 p.
7. Kovda V.A. (1976), *Biogeochemical cycles in nature and their violation by man. Biogeochemical cycles in the biosphere*, Nauka, Moscow, RU, pp. 19-85.
8. Hope V.K. (1994), *A global biogeochemical budget for vanadium*, *Sci. Total Environment*, V. 141. pp. 1—10.
9. Mukherjee A.B. (2001), *Behavior of heavy metals and their remediation in metalloferrous soils*, Metals Environment, N.-Y.-Basel: Marcel Dekker Inc., USA, pp. 433—471.
10. Pacyna J.M. (1992), *Contribution of elements to the atmosphere from natural sources*, Chemical climatology geomedical problems, The Norweg. Ac. Sci. Let, pp. 91—104.
11. Glazovskaya M.A. (1988), *Geochemistry of natural and technogenic landscapes of the USSR*, Higher School, Moscow, RU, 328 p.
12. Sobotovich E.V., Olsztynsky S.P. (1991), *Geochemistry of technogenesis*, Naukova Dumka, Kyiv, UA, 228 p.
13. *National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2004* (2005.), Ministry of Natural Resources of Ukraine, Kyiv, UA, 227 p.
14. Vernadsky W. (1991), *Scientific thought as a planetary phenomenon*, Nauka, Moscow, RU, 268 p.
15. Sobotovich E.V., Dolin V.V. (2013), *Ecological and geochemical problems of the technogenic evolution of the biosphere*, Simferopol, IT "Arial", pp. 29—58.
16. Sobotovich E.V., Dolin V.V. (2012), *The Great Kobzar of Natural History*, Feniks, Kyiv, UA, pp. 20—32.
17. Sobotovich E.V., Dolin V.V. (2013), *Modern problems of ecological stabilization of the biosphere*, *Coll. Sciences. Proceedings of the Institute of Environmental Geochemistry*, 22, pp. 22—42.

MODERN ISSUES FOR GEOCHEMISTRY OF TECHNOGENESIS (IN PLACE OF FOREWORD)

Dolin V.V., Hab. Dr. of Geol. Sci., Prof., Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-6174-2962>

The introductory paper for the updated Collection of Scientific Papers of Institute of Environmental Geochemistry is devoted to historical aspect of foundation, development and formation of modern issues of scientific direction titled Geochemistry of Technogenesis. This direction studies totality of the chemical and technical processes, caused by artificial activity that conduces to the redistribution of chemical elements on a planet. It aroused up on the basis of modern geochemistry of V.I. Vernadsky that studies the processes of evolution of chemical composition of the earth crust, which is developed in labours of O.Ye. Fersman. Technological revolution resulted in forming of new geological force, namely Man, is stipulated the substantial redistribution of chemical elements in the earth crust owing to anthropogenic activity. The zone of technogenesis arrives at the low bound of biosphere in the earth crust. Artificial emission of some chemical elements (Pb, Se) more than 100 times exceeds their natural emission. The volume of the earth crust matter attracted in the technogenesis an order of magnitude exceeds the sedimentation during Phanerozoj that conduces to violation of the thermodynamics quasi-equilibrium formed during 4.5 billion years. The special actuality this direction purchased in the second half of the twentieth century because of insertion in a biosphere a number of artificial substances that does not exist in the nature. Modern problems of geochemistry of technogenesis lie in the research field of global anthropogenic cycle namely "energy – wastes". Wastes generally are the result of our activity on production and use of energy. Accumulation of wastes in biosphere three times exceeds the rate of sedimentation in Phanerozoj. The main ways of overcoming the antagonism between a technosphere and biosphere consist in global introduction of the reserved productive cycle and the treatment of the already accumulated wastes to the state that is fit into natural biogeochemical cycles. The basic principle of wastes handling have become the perspective ability to waste usage by future generations on the corresponding stage of development of technological revolution. The ecological stabilization of biosphere must become the main priority of scientific researches.

Keywords: geochemistry, technogenesis, energy, wastes, biosphere, technosphere, technological revolution