УДК 55; 504: 681. 3

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ТА ПРИРОДНОГО ПЕРЕНЕСЕННЯ ПОРІД ЛІТОСФЕРИ

© І.М. Малахов, 2009

Відділення морської геології та осадочного рудоутворення НАН України, Київ, Україна

This article is an attempt to evaluate technogeneous transferring of mining mass from the Earth interior to its surface during extraction of non-renewable natural resources. There are shown tendencies in increasing masses of annually transferred mining rocks of the lithosphere for the period beginning with the late Neolith. It should be observed, that mining rocks power moved per year in the lithosphere will correspond to the mass of the sedimentary complex of the Earth in 58–62 years, if trends of mining don't change. It was proved that the mass technogeneous displacement of the rock in the lithosphere is especially significant, because it provides a basis for comparing natural geological forces in the biosphere, such as biosphere productivity and photosynthesis, water and wind erosion, annual solid flow in rivers, mass of igneous rock. It has a similar order of magnitude, about 10^{11} t year. The result of commensurability of orders of magnitudes of these different processes is probably a lower growth rate of mining of mineral resources. It quite possibly goes on to a critical boundary evolution of civilization.

Прояви впливу людства на верхню частину земної кори значною мірою пов'язані з видобутком невідновлюваних мінеральних ресурсів – основи технологічної цивілізації. За В.І. Вернадським, жива речовина планети через вид Homo Sapiens сформувала наукову думку – нову геологічну силу в історії Землі [1]. Виникає питання про природні межі прояву нової геологічної сили в біосфері та її кількісної оцінки. В цілому чинники впливу антропогенної діяльності на біосферу й особливо на геологічне середовище проаналізовано у публікації [2].

У цій статті розглянуто прояв нової геологічної сили, пов'язаний з видобутком мінеральних ресурсів. Зроблено спробу оцінити порядок величин мас порід літосфери, що переміщуються під дією нової геологічної сили, та порівняти з масштабами прояву деяких природних геологічних сил.

Техногенна міграція порід літосфери. Розвиваючи вчення В.І. Вернадського про геологічне значення людини в еволюції біосфери, його талановитий учень О.Є. Ферсман писав: "... судомно й нервово йде використання речовини; грандіозні гірничі й інженерні роботи перерозподіляють речовину на земній поверхні за своїми власними законами, суттєво відмінними від природних законів геології й геохімії" [3, с. 297].

У цілому техногенний потік, на що звернув увагу ще О.Є. Ферсман, характеризують досить значні за геологічними мірками цифри. Оцінки обсягів видобутку дають змогу зрозуміти, чому відбувається стрімке зростання площ на суходолі і морському шельфі, на яких розташовані полігони відходів, шламосховища, відвали, техногенні родовища. Їхня площа у 1950-х роках становила 4,5 млн км^2 (близько 3 % площі суходолу) [4, с. 206], у 2000 р., вона вже перевищила 6,0 млн км^2 [5, с. 133]. Територія України має кілька центрів активного великомасштабного видобутку мінеральних ресурсів, де відбувається суттєве порушення стану надр. За даними праці [6, с. 44], протягом XX ст. в Україні було добуто близько $14 \cdot 10^9$ т мінеральних ресурсів і вилучено до $30 \cdot 10^9$ т розкривних порід. Наприкінці 1990-х років темпи нагромадження відходів гірничого та збагачувального виробництва сягнули $2{,}6 \cdot 10^8$ м^3. Щорічно площа, на якій розміщують в Україні відходи гірничого виробництва, збільшується на 3–6 тис. га. Зазначені цифри впливають на показники світової динаміки техногенного переміщення порід літосфери.

За нашими приблизними підрахунками, кількість гірських порід, нафти й газу, вилучених з літосфери й переміщених по поверхні Землі, у період 2000–2005 рр. становить 80–100 млрд т/рік. Загалом за останні 50 років у результаті техногенезу було переміщено на поверхню земної кулі близько $2 \cdot 10^{11} - 2 \cdot 10^{12}$ т гірських порід.

Динаміку техногенного переміщення порід літосфери можна визначити виходячи з таких міркувань. За початок відліку візьмемо 4-те тис. до Різдва Христова (Р.Х.), коли почало поширюватися використання бронзи й, пізніше, заліза. Зрозуміло, що кількість мінеральних ресурсів, залучених людиною у господарську діяльність протягом 6 тис. років, визначити досить важко. Деяка статистика існує лише з початку XIX ст. і тільки для Європи. Більше того, вживання поняття техногенезу до епох, що передують індустріальній епосі, не зовсім коректне. Однак такі оцінки можуть бути корисними для одержання загальної картини геологічної діяльності людства.

Таку спробу в 1930-х роках зробив О.Є. Ферсман [3]. За його даними, за 5–6 тис. років люд-

ство вилучило з надр $(5\div6)10^9$ т хімічних елементів. Однак обсяг видобутку гірських порід, можливо, був більшим. Для цього варто врахувати породи розкриву і концентрацію хімічних елементів у руді. Наприклад, у XIX ст. вміст заліза у руді в Криворізькому залізорудному басейні, в Манчестері, на рудниках Ельзасу й в Рудних горах Чехії в середньому становив 59–63 %. Розробки велися в шахтах, стовбури яких були пройдені по руді (Ельзас), або на поверхні. Тому коефіцієнт розкриття був істотно меншим за одиницю. У Кривбасі в 1886–1890 рр. цей коефіцієнт не перевищував 0,05 т розкриття на 1 т руди. Видобуток вугілля, нафти й більшості руд металів відбувався з поверхні або на невеликій глибині.

За цих обставин добутий мінеральний ресурс визначимо так: $2 \cdot 10^9 : (0{,}58\div0{,}62) = (3{,}45\div3{,}62)10^9$ т. Загальну масу гірських порід (руди й безрудної маси), яку необхідно добути для одержання хімічного елемента Fe в обсягах, наведених у табл. 1, визначимо добутком: $(3{,}45\div3{,}62)10^9 + (3{,}45\div3{,}62)(0{,}02\div0{,}05)10^9 \cong 3{,}65 \cdot 10^9$ т. Аналогічно оцінено обсяги видобутку руд інших металів.

Якщо скласти значення обсягу гірських порід (табл. 1), отримаємо число, що характеризує частину літосфери, перероблену людством за 5–6 тис. років, $(5{,}5\div6{,}0)10^{10}$ т.

Для перевірки проведемо розрахунок, виходячи із цифр, що характеризують зростання населення Землі від 4-го тис. до Р.Х. до початку XX ст. За оцінками, наведеними у праці [7], кількість людей, що жили на Землі на цьому відтинку часу, має порядок 10^{10}. Припустимо, що гірників серед них було не більше 0,05–0,01 %, або $(1{,}0\div5{,}0)10^6$ осіб. До початку XVII ст. технологія видобутку корисних копалин була заснована на фізичній (м'язовій) силі працюючих. Для транспортування й піднімання, крім м'язової сили людини, використовували свійських тварин: коней, верблюдів, віслюків. Продуктивність праці у той досить тривалий період була обмежена фізичними можливостями людини і не перевищувала 1,5 т/чол. день. Якщо прийняти середню тривалість життя на той час 25–32 роки [7], то постійна трудова діяльність гірників найімовірніше не перевищувала 10 років. Кількість робочих днів за рік приймаємо у межах 200–250. Отже, видобуток становив приблизно: [(1,5–1,0) т/чол.-день × × (200–250) днів] × 10 років × $(5{,}0\div1{,}0)10^6$ чол. ≈ ≈ $(1\div2{,}0)10^{10}$ т;

Отримані за цих припущень середні величини мають порядок, однаковий з оцінками, основою яких є величини видобутих хімічних елементів, за О.Е. Ферсманом, – $(5{,}5\div6{,}0)10^{10}$ т. Слід звернути увагу на те, що О.Е. Ферсман уважав оцінки, наведені у табл. 1, мінімальними. Вони стосуються 1920-х років. У нашому розрахунку можна говорити скоріше про верхню межу оцінки, що віднесена до початку XVII ст. Реально потреба в металах протягом такого проміжку часу могла істотно змінюватися. Річний видобуток у початковій точці ($\sim 4 \cdot 10^3$ років до Р.Х.), виходячи з лінійної залежності обсягів видобутку та кількості гірників, можливо, дорівнював $\sim 10^6$ т/рік.

Усереднений річний видобуток до початку XVII ст. також оцінено за припущенням лінійної залежності видобутку тільки від кількості працюючих у $\sim 2 \cdot 10^6$ т/рік корисних копалин ($3 \cdot 10^6$ т/рік гірських порід), що близько до даних, наведених у 12 томі Великої Радянської Енциклопедії (ВРЕ). У перші 20 років XIX ст. річний видобуток у гірській промисловості становив 17,3 млн т, а в 1960-ті роки – вже 225,3 млн т [8, с. 105], що в перерахунку на обсяг гірських порід дорівнює $(3{,}5\div4{,}0)10^7$ й $(4{,}5\div5{,}5)10^8$ т/рік відповідно.

Дані, наведені М. Неймайером [9, с. 637–798], дали змогу визначити, що на початку 80-х років XIX ст. за рік добували близько $0{,}5 \cdot 10^9$ т головних корисних копалин ($0{,}46 \cdot 10^9$ т). Кількість гірських порід, що зазнали антропогенного впливу, за запропонованою методикою становить $\sim 10^9$ т.

Ще одну точку для сумарного визначення частини літосфери, порушеною людською діяльністю, дають оцінки О.Є. Ферсмана. Він наводить дані щодо річного видобутку 30 видів корисних копалин у 1926–1928 рр. [3, с. 298]. Підсумовування даних дає цифри в $1{,}7 \cdot 10^9$ т корисних копалин, що відповідає $(3{,}0\div3{,}7)10^9$ т гірських порід. Хронологічна систематизація оцінок і статистичних даних стосовно видобутку мінеральних ресурсів і гірських порід, переміщених людством протягом 5,5–6 тис. років, подана в табл.2.

На рисунку показано графіки, що характеризують зростаючі масштаби антропогенної діяльності в літосфері за останні 200 років. Дані для побудови графіків, крім згаданих вище, взяті із

Таблиця 1. Оцінка обсягу видобутку руд залучених у господарську діяльність (за 5–6 тис. років)

Показник	Елемент							
	C	Fe	Cu	Pb	Zn	Sn	Ag	Au
Оцінка, т [2]	$5 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^4$
Концентрація у руді, %	80–100	58–62	6–10	14–18	16–18	3–6	10^{-1}	10^{-4}
Коефіцієнт розкриття	0–0,01	0,02–0,05	0,03–0,05	0,05–0,1	0,05–0,1	2–3	10^1–10^2	10^3–10^4
Обсяг гірських порід, т	$5{,}6 \cdot 10^{10}$	$0{,}34 \cdot 10^{10}$	$0{,}25 \cdot 10^9$	$1{,}2 \cdot 10^8$	$1{,}6 \cdot 10^8$	$0{,}3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^9$

Таблиця 2. Оцінки й статистичні дані щодо видобутку і техногенної міграції гірських порід у літосфері, млрд т

Показник	Час, роки										
	4000 до Р.Х.	1600	1820	1860	1880	1910	1927	1950	1960	1980	2000
Видобуток	0,001	0,002	0,017	0,22	0,46	1,1	1,7	2,8	4,1–4,5	5,5-6,0	7,5–8,0
Обсяг гірських порід	0,001	0,003	0,065	0,75	1,5	3,4	5,0–5,5	7,8–8,5	14,0–15,0	21,5–25,0	83–88

статистичних даних Британської енциклопедії 1860–1920 рр., BPE 2-го видання (період 1800–1950 рр.), звітів "Mining Bureau USA" (період 1970–2005 рр.), State of World (1990–2003).

На рисунку на осі ординат відкладено наростаючим підсумком кількість добутого мінерального ресурсу й переміщуваних гірських порід літосфери. Зазначену тенденцію апроксимують рівняння

$$y_k = 0,0334\, e^{0,76t}, \quad (1)$$

$$y_p = 0,0238\, e^{0,7176t}, \quad (2)$$

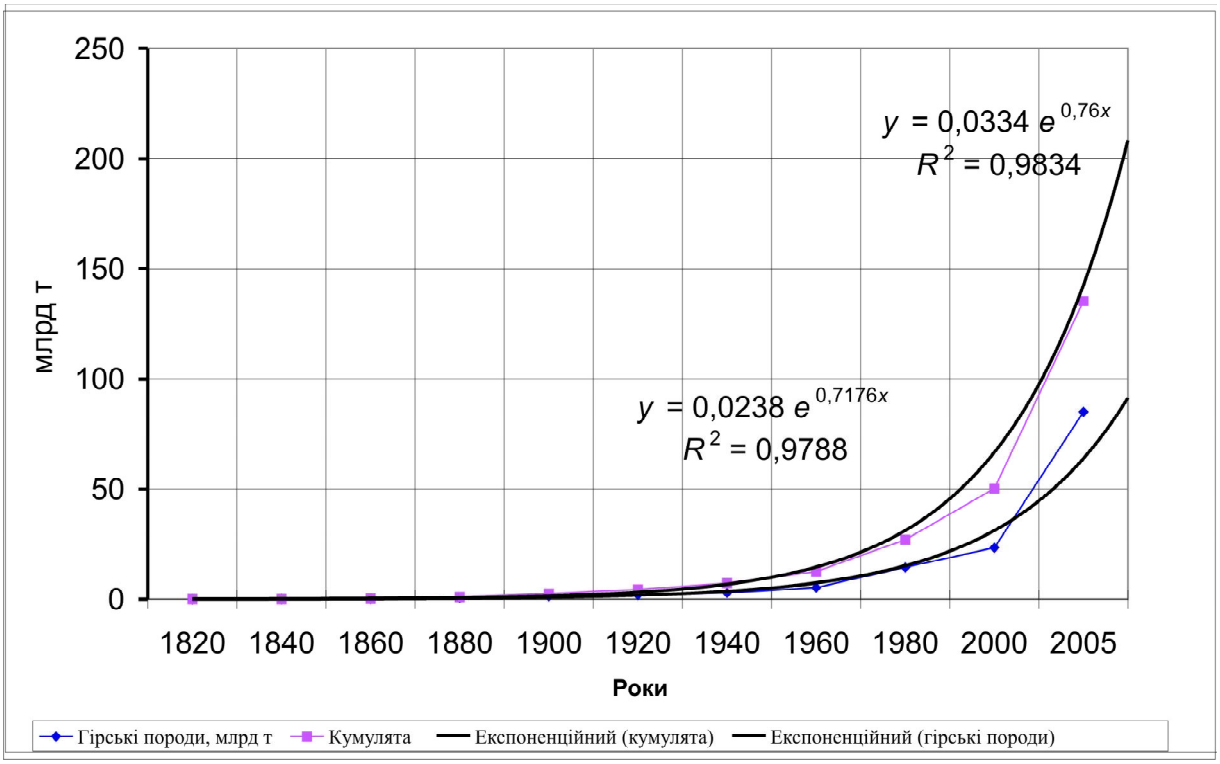
де y_k, y_p – обсяги техногенної міграції порід літосфери зростаючим підсумком та щорічно переміщуваних людиною, млрд т; t – час, роки.

На осі абсцис – час у роках. Криві на рисунку відбивають тенденцію зростання обсягів гірських порід, залучених у процеси видобутку (рівняння (2)). Апроксимація вказує на експонентний характер зростання техногенної діяльності людини в літосфері з коефіцієнтом кореляції $R \approx 0,9$. Початок відліку – 1820 рік. Діапазон значень – 200 років (1820–2020).

Слід підкреслити, що і в табл. 1, і на рисунку використано дані, які, за класифікацією О.Е. Ферсмана, характеризують перший й другий напрями техногенної діяльності людини – вилучення хімічних елементів із земної кори й перерозподіл їх на поверхні Землі. Техногенна діяльність людини в ландшафті є значно більшою. Так, за розрахунками О.М. Рябчикова, внаслідок виробничої діяльності у другій половині XX ст. щорічно переміщалося 10^3 км^3 твердої речовини [10]. У масових одиницях такий обсяг відповідає порядку 10^{13} т. Ці цифри охоплюють крім обсягу гірських порід обсяг оранки, будівельних та інженерних робіт [11, с. 170].

До того ж, зазначені світові тенденції не дають повного уявлення про масштаби техногенних перетворень у літосфері, тому що усереднюють їх відносно усієї площі планети. У дійсності техногенні потоки речовини з надр мають багато більшу щільність, оскільки сконцентровані, приблизно, на 6 % суходолу.

Природна міграція порід на планеті. У табл. 3 наведені дані вітчизняних і закордонних дослідників, які визначили фізичні характеристики гео-



Видобуток і техногенна міграція гірських порід літосфери наростаючим підсумком (1800–2010)

Таблиця 3. Перенесення мас речовини в біосфері, т/рік

Характеристика	Речовина		Літературне джерело
	Абіотична	жива	
Маса осадової оболонки, т	$2{,}23 \cdot 10^{15}$	–	[12]
Зважений річковий стік	$18{,}53 \cdot 10^{9}$	–	[13]
Продукти ерозії	$(13 - 27)10^{9}$	–	[14, 15]
Продукти вулканізму	$(0{,}04 - 0{,}4)10^{9}$	–	[15]
Зсуви, т	$\sim 10^{8}$ (сучасні)	–	[16]
	До $\sim 10^{13}$ (минулі геологічні епохи)		[16]
Обсяг породи, залучених до техногенезу із часів пізнього неоліту	$\sim 10^{12}$	–	–
Маса переміщуваних порід, 2005 р.	$\sim 10^{11}$	–	–
Маса біосфери, т	–	$\sim 10^{13}$	[17, 18]
Продуктивність біосфери	–	$2 \cdot 10^{12}$	[17, 18]
Продуктивність фотосинтезу	–	$(1 - 2)10^{11}$	[18]

динамічних природних процесів, за яких робота геологічних сил спрямована на руйнування, перенесення й відкладення гірських порід. Із усього різноманіття ендогенних й екзогенних процесів для цілей нашого дослідження вибрані ті, які можна зіставити з наслідками техногенної міграції гірських порід. З урахуванням цієї обставини інтрузивні й метаморфічні процеси та тектонічні рухи не увійшли до цього переліку, що жодною мірою не вказує на їх другорядне значення в історії Землі. Не враховані також переміщення, що зумовлені хімічним перенесенням, маси космічної речовини, а також вітрова ерозія й еолові відкладення. За даними [11–13], обсяги речовини космічного походження та еолового перенесення становлять 1–2 % у балансі розглянутого перенесення. Тектонічні явища є постійними у геологічній історії Землі. Проте в проміжках часу 10^0 – 10^3 років, за які ми оцінюємо обсяги природних й техногенних процесів, вплив тектонічних явищ відносно менший, ніж, наприклад, екзогенних процесів.

За величинами твердого річкового стоку, ерозії, денудації й згладжування рельєфу, а також проявів вулканізму та найважливіших екзогенних й ефузивних процесів можна визначити порядок мас, переміщуваних на поверхні планети під впливом природних сил.

Жива речовина біосфери за допомогою "*біогенного струму атомів*" здійснює безперервний, протягом усього геологічного часу, обмін між абіотичною й живою речовиною. "Жива речовина є природне тіло або явище в біосфері. ... Ці тіла або явища, що утворяться природними процесами, – природні об'єкти" – писав В.І. Вернадський [1, с. 309]. Тому доречним, на наш погляд, буде порівняння кількості речовини, техногенно залученої у геологічні процеси, що відбуваються у біосфері, з масою абіотичної і "живої" речовини.

Обговорення й висновки. Порівняльна оцінка обсягів перенесення речовини в біосфері під впливом природних геологічних сил на поверхні Землі й в процесі техногенезу, наведена в табл. 3. Зіставлення корисне тим, що дає змогу побачити

масштаби й співвідношення між трьома різними типами геологічних процесів у біосфері.

За даними табл. 3, до початку XXI ст. річні маси порід, переміщуваних у процесі видобутку мінеральних ресурсів, досягають порядку величин, що характеризують продуктивність фотосинтезу на планеті (~ 10^{11} т). Масштаби перенесення твердої речовини в результаті видобутку мінеральних ресурсів на цей час уже на порядок перевищують масштаби природних екзогенних геологічних процесів, таких як річковий стік твердої речовини, ерозія. Сучасна вулканічна діяльність становить кілька десятків відсотків від масштабів техногенезу в надрах.

З початку XX ст. (див. рисунок) річні обсяги видобутку мінеральних ресурсів зростають у часі експоненційно. Відповідно у такій самій залежності зростає кількість порід верхньої частини літосфери, що зазнали техногенного впливу внаслідок видобутку мінеральних ресурсів. Ця кількість на порядок випереджає обсяги річного видобутку мінеральних ресурсів (табл. 3). Зазначимо, що така тенденція склалася не сьогодні (див. рисунок). Одним з наслідків стрімкого зростання став той факт, що на початку XXI ст. річні маси порід літосфери, залучених у техногенні процеси, продуктивність процесу фотосинтезу й природне перенесення порід на поверхні набули значень одного порядку – 10^{11} т/рік (табл. 3).

З досвіду вивчення розвитку природних і штучних процесів у біосфері відомо, що переважно їх можна описати феноменологічними моделями, в основі яких лежить логістична крива, що має латентний період, ділянку експонентного зростання й насичення. Графіки (див. рисунок) охоплюють кінець латентного періоду і період бурхливого розвитку. Насичення визначається верхньою межею, можливою для цього процесу. У нашому випадку за таку теоретичну межу можна прийняти масу осадової оболонки суходолу, яка, за підрахунками А.Б. Ронова, з урахуванням платформних утворень становить $G = 0{,}51 \cdot 10^{18}$ т [12]. Наведений рисунок характеризує тенденції зростання маси порід літосфери, переміщуваних унаслідок видобутку мінеральних ресурсів щорічно та із зростаючим підсумком за 200 років, починаючи з 1820 р. Якщо у ліву частину рівняння (1) підставити значення $y = G$ і розв'язати його відносно t, то отримаємо час, коли річна маса техногенно переміщуваної речовини дорівнюватиме масі осадової оболонки Землі. За розв'язком відносно t рівняння (2) можна визначити, коли накопичена маса гірських порід, залучених до техногенного переміщення, дорівнюватиме масі осадової оболонки Землі. За умов, що тенденції, відображені рівняннями (1) і (2), у майбутньому не зміняться, значення часу для обох рівнянь близькі – 58 і 62 роки відповідно.

Зрозуміло, що величина G визначає оцінне значення верхньої теоретичної межі, зумовленої геологічною будовою планети. Зниження темпів видобутку почнеться значно раніше, можливо, воно вже почалося. Реальні межі збільшення річної маси, щорічно переміщуваної людиною, мають бути суттєво меншими. Приріст такої маси й обсягів мінеральних ресурсів виявляється не лише за природними факторами й виснаженням запасів мінеральних ресурсів, а й за сукупністю техніко-економічних і гірничо-геологічних умов видобутку, а також за екологічними факторами. Темпи зростання обсягів споживання мінеральної сировини можуть бути уповільнені й внаслідок створення нових матеріалів з високими фізико-механічними властивостями (нанотехнології, інтерметалічні сполуки, композитні матеріали тощо). Певним обмеженням може стати енергія, яка необхідна для техногенного переміщення мас у верхній частині земної кори, вироблення якої значною мірою зумовлене видобутком нафти, газу й вугілля. Безперечно, зростатимуть й екологічні обмеження. Так, для Кривбасу визначено, що збільшення глибини кар'єрів стримуватиметься не стільки технічними можливостями, скільки дією екологічного фактору [19]. На зростання впливу цього фактору звертали увагу й автори публікації [2].

Кількісна оцінка енергії техногенного переміщення гірських порід унаслідок видобутку мінеральних ресурсів та порівняння її із природними геологічними процесами, властивими біосфері, є окремим завданням дослідження. Зазначимо, що наші підрахунки обсягів порід мають оцінний характер. Тому отримані цифри слід інтерпретувати як час геологічних подій, що можуть відбутися у найближчому до нас столітті: $t \sim n \cdot 10^2$ років.

Висновки.

1. Обсяги порід, що переміщуються у верхній частині земної кори внаслідок видобутку невідтворювальних мінеральних ресурсів, зростають у часі за експонентою й на початку третього тисячоліття сягнули порядку 10^{11} т/рік.
2. Зазначений порядок величин сумірний з масштабами мас, переміщуваних у біосфері під впливом природних геологічних сил, таких як продуктивність фотосинтезу в біосфері, зважений річковий стік, вітрова та водна ерозія тощо.
3. За надзвичайно короткий за геологічними мірками час (через кілька десятків, можливо, 100 років) техногенне переміщення мас порід літосфери може сягнути значень, що можуть бути порівнянними з масою осадової оболонки Землі.
4. Сумірність техногенних й природних геологічних процесів спонукає до думки про наближення людства до певного критичного рубежу свого розвитку.

1. *Вернадский В.И.* Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
2. *Коржнев М.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Яковлєв Є.О.* Чинники впливу антропогенних змін геологічного середовища України на біорізноманіття і людину // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – №1.
3. *Ферсман А.Е.* Геохимия. В 4 т. – Л.: ОНТИ Химтеор., 1934. – 1939. – Т. 2. – 354 с.
4. *Котлов Ф.В.* Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. – М.: Недра, 1978. – 264 с.
5. *U.S. Bureau* of Mines.2000. Mineral Commodity Summaries. – Washington: D.C.: Government Print. Office, 2001.
6. *Реструктуризація* мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення. – К.: Наук. думка, 2007. – 347 с.
7. *Сови А.* Общая теория населения. В 2 т. – М., 1977. – Т.2. Жизнь населений. – 367 с.
8. *Большая* советская энциклопедия. – 2-е изд. – Т.12. Горная промышленность. – М., 1952.
9. *Неймайр М.* История Земли. В 2 т. – СПб.: Книгоиздат. тов-во "Просвещение", 1899–1990. – Т. 2. – 848 с.
10. *Рябчиков А.М.* Структура и динамика геосферы. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 268 с.
11. *Баландин Р.К.* Геологическая деятельность человечества. – Минск: Выш. шк., 1978. – 203 с.
12. *Ронов А.Б.* Осадочная оболочка Земли. – М.: Наука, 1980. – 80 с.
13. *Лисицын А.П.* Осадкообразование в океанах. – М.: Наука, 1974. – 440 с.
14. *Химическое* строение земной коры и геохимический баланс главных элементов / А.Б.Ронов, А.А. Ярошевский, А.А. Мигдисов. – М.: Наука, 1990. – 182 с.
15. *Кукал З.* Скорость геологических процессов. – М.: Мир, 1987. – 246 с.
16. *Voight B.* Rockslides and Avalanches. Natural phenomena. – Elsevier; Amsterdam, 1978. – 376 p.
17. *Базилевич Н.И., Родин Л.Е., Розов Н.Н.* Динамика органического вещества и биологический кругооборот в основных типах растительности. – М.; Л.: Наука, 1965. – 172 с.
18. *Камшилов М.М.* Эволюция биосферы. – М.: Наука, 1979. – 256 с.
19. *Малахов І.М.* Техногенез у геологічному середовищі. – Кривий Ріг: Октан Принт, 2003. – 252 с.

Надійшла до редакції 03.03.2009 р.

І.М. Малахов

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ТА ПРИРОДНОГО ПЕРЕНЕСЕННЯ ПОРІД ЛІТОСФЕРИ

У статті зроблено спробу оцінити масу гірських порід, що переміщуються на поверхню планети в процесі добування невідновлюваних мінеральних ресурсів. Виявлено тенденцію до зростання мас щорічно переміщуваних гірських порід літосфери починаючи з пізнього неоліту. Зазначено, що за умов збереження існуючих темпів зростання видобутку вже через 58–62 роки щорічне техногенне переміщування мас гірських порід відповідатиме масі осадової оболонки Землі. Порівняння оцінок техногенних і природних мас гірських порід, які переміщуються у літосфері щорічно, показало, що на початку третього тисячоліття техногенні процеси видобутку мінеральних ресурсів, продуктивність фотосинтезу й природне перенесення порід набули значень одного порядку – 10^{11} т/рік. Сумірність порядків величин переміщуваних мас і наближення їх до природних меж (маси осадової оболонки Землі) спонукає до думки про наближення до якоїсь критичної межі, що характеризуватиметься уповільненням темпів зростання видобутку мінеральних ресурсів.

И.Н. Малахов

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО И ПРИРОДНОГО ПЕРЕНОСА ПОРОД ЛИТОСФЕРЫ

В статье предпринята попытка оценить массы горных пород, перемещаемые на планете в процессе добычи невозобновляемых минеральных ресурсов. Показаны тенденции роста масс ежегодно перемещаемых горных пород литосферы за период начиная с позднего неолита. Отмечено, что при сохранении современных темпов роста добычи через 58–62 года ежегодное техногенное перемещение масс горных пород будет соответствовать массе осадочной оболочки Земли. Сравнение оценок техногенных и природных масс горных пород, ежегодно перемещаемых в литосфере, показало, что в начале третьего тысячелетия техногенные процессы добычи минеральных ресурсов, продуктивность фотосинтеза и естественный перенос пород на поверхности Земли имеют один порядок значений – 10^{11} т/год. Соизмеримость порядков величин перемещаемых масс и приближение их к естественным пределам (массе осадочной оболочки Земли) могут указывать на приближение к критическому рубежу, который будет характеризоваться снижением темпа роста добычи минеральных ресурсов.