

УДК 55

## ЗЕМЛЕЛОГІЯ ЯК НОВИЙ НАУКОВИЙ НАПРЯМ У ГЕОЕКОЛОГІЇ

Г. Рудько

*Державна геологічна служба України*

*Державна комісія України по запасах корисних копалин  
пр. Кутузова, 18/7, оф. 816, м. Київ, 01133, e-mail: scmr@dkz.gov.ua*

Порушено фундаментальні проблеми, пов'язані з сучасним станом Землі як планети, що переживає період екологічної кризи. Проведено дослідження щодо оцінювання природно-ресурсного потенціалу та меж його використання людством. Проаналізовано стратегічні аспекти впливу глобального потепління, наведено технологічні принципи керування вмістом CO<sub>2</sub> в атмосфері Землі. Викладено сценарії розвитку Землі в техногенній траєкторії розвитку людства.

*Ключові слова:* біосфера, екологічна криза, техногенез, природно-ресурсний потенціал, глобальне потепління.

Щораз більша глобалізація посилює суперечності між біосферою і людиною. Головні ризики, що постали перед людством, мають виразний характер техногенного генезису. Майже з 1950-х років і до наших днів людська популяція в контексті збільшення її кількості в геометричній прогресії зумовила стан, коли нинішнє покоління людей споживає ресурси восьмого покоління. Усі розроблені сьогодні сценарії виходу з екологічної кризи або є декларативними, або з низки причин не можуть бути реалізовані (Програми зі стабілізації кількості населення, Концепція сталого розвитку тощо). Землелогія – науковий напрям, що вивчає стан та ресурси Землі як планети, характеризує процеси, що привели до екологічної кризи, яка дедалі поглиблюється, аналізуючи наявні ресурси, ефективність їхнього використання та визначає головні сценарії розвитку людства.

**Природно-ресурсний потенціал та межі його використання людством.** Раціональне використання людиною найрізноманітніших ресурсів планети – основа процвітання цивілізації. Нині 2/5 площі суходолу окультурено, насамперед це сільськогосподарські угіддя; щорічно Земля дає нам понад 500 млн т рису, 100 млн т риби, 22 млрд барелів нафти, багато інших ресурсів. Унаслідок цього знищують ландшафти, вирубують ліси, відходами промисловості забруднюють повітря, воду, ґрунти тощо.

На початку ХХІ ст. одними з головних критеріїв оцінювання потужності держави стали енергоозброєність та енергоефективність. У сучасному світі без збільшення енергоспоживання неможливе тривале економічне зростання та й власне розвиток суспільства.

За період 1971–2000 рр. світове споживання енергоресурсів разом з дровами, відходами сільського господарства та іншими некомерційними видами біомаси у нафтовому еквіваленті зросло в 1,8 раза. Водночас споживання нафти підвищилось на 47 %, вугілля – на 62,5 %, природного газу – у 2,3 раза, енергії АЕС – у 23,2 раза. Швидке зростання споживання первинних енергоресурсів прогнозують і на найближчі десятиліття.

Проведені комплексні дослідження підтвердили, що в сучасних умовах, для яких характерний значний розрив рівнів економічного розвитку, а отже, рівнів енергоспожи-

вання розвинених країн і країн, що розвиваються, підвищення ефективності використання палива та енергії лише сповільнить темпи зростання попиту на енергоносії, проте ніяк їх не компенсує.

Наприклад, доведені видобувні світові запаси газу, згідно з останнім оцінюванням Cedigas, становлять 180 трлн м<sup>3</sup>. У разі стабілізації світового видобутку на рівні 3 трлн м<sup>3</sup>/рік (у 2003 р. – 2,6 трлн м<sup>3</sup>) його запаси вичерпаються через 60 років. Сумарні початкові ресурси газу оцінені в 436–500 трлн м<sup>3</sup>, з яких близько 55 уже видобуто і 180 трлн м<sup>3</sup>, як уже зазначено, – розвідані запаси. Отже, невідкриті (прогнозовані та ймовірнісні) ресурси газу становлять 200–265 трлн м<sup>3</sup>, що достатньо на 67–88 років.

Загальні геологічні ресурси вугілля у світі, за офіційними національними даними, оцінені в 14 810 млрд т, з яких близько 160 млрд т уже видобуто. Розвідані та придатні для рентабельного добування світові запаси вугілля становлять близько 900–1000 млрд т, з яких лише 750 млрд т – кам'яного. У разі стабілізації світового видобутку вугілля на рівні 5 млрд т/рік (2002 р. – 4,8 млрд т) розвіданими запасами вугілля людство забезпечене на 180–200 років. Отже, щодо вугілля також є резерви нарощування розвіданих запасів рентабельних паливно-енергетичних ресурсів.

Крім викопних видів палива, людство має значні ресурси відновлюваних джерел енергії, технічно й економічно реалізована частина яких оцінена в 80–85 млрд т н.е., а також значні розвідані запаси урану, яких за сучасних темпів використання вистачить на 45 років. Крім того, у людства реальні шанси освоєння термоядерної та водневої енергетики, отримання інших видів енергії.

Отже, у найближчій перспективі головною проблемою розвитку світової енергетики буде не нестача енергетичних ресурсів як таких, а можливість забезпечення потрібних обсягів виробництва палива та енергії необхідними інвестиціями за умов, щоб вартісні показники залишилися прийнятними для споживачів і привабливими для виробників енергоносіїв.

**Глобальне потепління та його наслідки як результат нераціонального використання природних ресурсів.** Одним із наслідків освоєння земних ресурсів є глобальне потепління клімату: літо стає спекотнішим, зима – м'якшою. Вчені зауважили, що в останні 100–130 років наша атмосфера значно потеплішала і цей процес безупинний, середня температура вперто повзе вгору. Лише за останні 100 років середньорічна температура підвищилась щонайменше на 0,3–0,6 °С.

Глобальне потепління пояснюють так званим парниковим ефектом. Суть його полягає в тому, що Земля отримує енергію Сонця головно у видимій частині спектра, а сама як набагато холодніше тіло випромінює в космічний простір переважно інфрачервоні промені. Проте багато газів, що є у складі атмосфери, – водяна пара, вуглекислий газ, метан, оксиди азоту та інші – прозорі для видимих променів, проте активно поглинають інфрачервоні, утримуючи в атмосфері частину теплоти, яку та мала б віддавати у космос. Так на поверхні Землі утримується температура на рівні, придатному для життя. Ці гази затримують теплоту в атмосфері Землі й створюють так званий парниковий ефект.

Парниковий ефект на нашій планеті існує, відколи з'явилась атмосфера. Сам по собі він не є негативним явищем, бо без нього температура навколоземних шарів атмосфери була б у середньому на 30 градусів нижчою від сучасної, а поверхні Землі – лише –18 °С, а отже, й умов для життя не було б, бо вода на земній поверхні існувала б тільки у твердому стані.

Людина посилює парниковий ефект викидами в атмосферу CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O та інших газів. За останнє століття внаслідок людської діяльності вміст вуглекислого газу в атмо-

сфері зріс більше ніж на чверть, метану – у 2,5 раза. Із 1980-х років частка CO<sub>2</sub> у глобальному потеплінні зменшилась. З'явилися й нові речовини, що спричиняють парниковий ефект, – насамперед хлорфторвуглеці, у тім числі добре відомі фреони. За останні 20 років внесок CO<sub>2</sub> в сумарні викиди парникових газів становить близько 50 %, CH<sub>4</sub> – 18, N<sub>2</sub>O – 6, хлорфторвуглеців – 14 % від загального внеску в глобальне потепління.

До складу атмосфери входить шість головних парникових газів: водяна пара, вуглекислий газ, метан, озон, сесквіоксид азоту й останнім часом – хлорфторвуглеці. Крім них, усі інші парникові гази трапляються в природі.

В Україні під час видобування і спалювання органічного палива утворюється 95 % усіх викидів CO<sub>2</sub>. З промислових процесів найбільший внесок у викиди CO<sub>2</sub> дає виробництво цементу. У світі найбільші кількості цього газу викидають розвинені країни: США, Японія, Канада, країни Західної Європи – Німеччина, Англія, Італія, Росія. Україна посідає 10-те місце в світі за викидами CO<sub>2</sub>.

За даними 1990 р., в Україні найбільший внесок у викиди метану робить енергетика – близько 65 %, а також виробництво сільськогосподарської продукції, утилізація відходів. Метан – супутній продукт спалювання біомаси й неповного згоряння палива. Вбирають метан ґрунти, поглинається він під час хімічних перетворень в атмосфері.

Згідно з комп'ютерними моделями, якщо вміст парникових газів в атмосфері продовжуватиме зростати, то наприкінці ХХІ ст. середньорічна температура підвищиться на 1,4 – 5,8 °С. Рівень Світового океану підніметься на кілька десятків сантиметрів – не стільки через танення полярного льоду, скільки через теплове розширення верхнього прогрітого шару. Частина приморських країн зникне в морі.

Єгипетські вчені розрахували, що в разі підвищення рівня моря на 1 м буде затоплено регіон, у якому нині живе 15 % населення їхньої країни і де виробляють 16 % продовольства.

Однак глобальне потепління створить проблеми не тільки жителям приморських країн. Підвищення середньої світової температури усього лише на кілька градусів може привести до величезних змін клімату планети. Це означатиме зміщення всіх кліматичних зон від екватора до полюсів: південна частина тундри стане тайгою, на півдні нинішньої тайги виростуть широколистяні ліси. І людям, і тваринам доведеться звикати до нового клімату.

Значно збільшиться ерозія ґрунту, почастишають зсуви, затоплення прибережних зон, зростуть площі перезвожених земель. Збільшиться ризик виникнення таких стихійних лих, як циклони, посухи, пожежі, повені, урагани. Відомо, що на нашій планеті протягом 1980-х років сталося вдвічі більше стихійних лих, ніж у 1970-х роках. Сільське господарство потребуватиме додаткових іригаційних заходів, зміниться врожайність і якісний склад культур, а це, відповідно, позначиться на тваринництві. В енергетичному секторі найвразливішою буде гідроенергетика.

Почнуть масово розмножуватися кровососні комахи і шкідники лісу. Багато тропічних і субтропічних видів комах поширяться на північ разом із хворобами, які вони переносять: малярією, тропічними вірусами, лихоманками та ін.

Можливі значні відхилення температури в обидва боки від середньої. Наприклад, у Києві в січні буде більше днів із температурою -25 °С та вище 0 °С. Те ж саме буде з опадами, вітрами тощо – зміняться не стільки їхні середні значення, скільки відхилення від них.

Збільшення промислових викидів і викидів автотранспорту, крім посилення парникового ефекту, дедалі більше погіршує якість повітря в містах. Це згубно впливає на

здоров'я людей: зростає кількість захворювань дихальних шляхів, серцево-судинної системи, онкологічних. Ці викиди прискорюють руйнування будівель, корозію металевих конструкцій.

Вплив зміни клімату на здоров'я людей буде найвідчутнішим у країнах Африки, Азії, Південної Америки, через слабо розвинену економіку вони не зможуть ефективно подолати наслідки глобального потепління. Може значно зрости кількість екологічних біженців із цих країн.

Потепління на планеті буде нерівномірним: найбільшим на полюсах (у 2–3 рази вище від середнього) і найменшим у тропіках (50–75 % від середнього рівня). Сьогодні прогнози зміни температури на регіональному рівні мають високий ступінь невизначеності.

До способів вирішення проблеми глобального потепління треба зачислити такі чинники, як зменшення кількості викидів і збільшення кількості поглиначів парникових газів. Найліпшими поглиначами парникових газів є біомаса (ліси) та океан. Коли ми спалюємо ліс, ми не тільки збільшуємо викиди CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, а й зменшуємо кількість природних поглиначів. Знищення лісів негативно позначається на обох процесах: поглинанні та викидах.

Міжнародна спільнота визнала небезпеку, пов'язану з постійним зростанням викидів парникових газів. Ще 1988 р. Генеральною Асамблеєю ООН створена Міжурядова група експертів з проблеми змін клімату. У 1992 р. в Ріо-де-Жанейро підписано Рамкову конвенцію ООН з питань зміни клімату, 1997 р. схвалено так званий Кіотський протокол. Згідно з цим документом, розвинені країни та країни з перехідною економікою, у тім числі Україна, домовилися зменшити викиди парникових газів на 5 % щодо рівня базового року. Для різних країн визначено різні рівні зниження викидів. Згідно з протоколом, який Україна ратифікувала у лютому 2004 р., наша держава має обмежити зростання викидів парникових газів рівнем 1990 р. Однак тут є низка проблем, адже економіка і промисловість України лише розвиваються, а обмеження зростання викидів парникових газів стосується енергетики, транспорту, усіх промислових процесів, лісового господарства... Ще складніше буде ратифікувати цей протокол розвиненим країнам із надпотужною промисловістю.

До технологічних чинників зменшення наслідків глобального потепління належить одна з найперспективніших технологій, яка частково може забезпечити зменшення викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу, уловлювання і зберігання вуглецю (англ. – Carbon Capture & Storage (CCS)), або геологічний секвестр вуглецю. Цей процес охоплює уловлювання та відділення з викидів електростанцій і нафтопереробних заводів більшої частини вуглекислого газу з подальшим транспортуванням його для зберігання в підземних резервуарах або повторного використання (наприклад, як ресурс для виробництва охолоджувальних напоїв, у парниках для стимулювання росту рослин, а також для виштовхування із пласта невидобутих запасів нафти і газу). Через обмеженість ринку повторного використання більшість виділеного вуглекислого газу потребує зберігання.

Потенційними місткостями для зберігання CO<sub>2</sub> можуть слугувати такі геологічні утворення, як вироблені нафтогазові резервуари, глибокі солоні водоносні горизонти, підземні вугільні пласти.

**Сценарії розвитку Землі в техногені.** На думку вчених, екологічних криз в історії Землі було чимало. А в історії людства перша глобальна екологічна криза, яка ще не завершилась, розпочалася із середини ХХ ст. Водночас відбувались процеси хімізації економіки промислово розвинених країн. Усього за кілька десятиліть створено до 300–

400 тис. штучних хімічних сполук, тобто їхня кількість перевищила видове різноманіття рослинного світу.

Найближчими роками загрожує друга хвиля глобальної екологічної кризи, яка охопить країни третього світу і, мабуть, країни колишнього соціалістичного табору. Населення цих країн становить 6/7 загальної кількості населення Землі, до того ж, 1/3 з них – постійно голодує. Понад 90 % приросту населення Землі в найближчі десятиліття припаде саме на ці країни. Щоб задовольнити їхні потреби на рівні, близькому до промислово розвинених країн, необхідно збільшити світове виробництво товарів у 5–10 разів, енергії – у 5 разів. Природні ресурси Землі недостатні для забезпечення такого приросту.

Уже нині людство споживає природних ресурсів на порядок більше, ніж можна вилучити з біосфери, не завдаючи шкоди її біохімічним циклам і без порушення процесу самовідновлення. Оцінено, що людство витрачає 40 % усієї продукції, виробленої в процесі фотосинтезу на суходолі. Інакше кажучи, людство впродовж XX ст. жило за кошт своїх нащадків. Крім того, воно поставило біосферу, а отже, і себе як невід’ємну частину біосфери на межу повної деградації. Друга хвиля глобальної екологічної кризи матиме ще серйозніші наслідки для біосфери, які наразі важко передбачити.

Відповідно до сучасної екологічної ситуації розроблено сценарії розвитку нашої цивілізації. Єдиним сценарієм є Програма сталого розвитку (Sustainable Development), що розроблена Комісією ООН з навколишнього середовища та розвитку і схвалена сесією ООН у Ріо-де-Жанейро. Програма передбачає надання всім людям права на сприятливе для здоров’я навколишнє середовище та використання природних ресурсів в інтересах сучасного і майбутнього поколінь. Однак ця Програма, на жаль, не гарантує мобілізації ні державних еліт, ні, тим паче, широких мас населення на прийняття радикальних рішень.

Людство активно змінювало середовище життя, починаючи з моменту своєї появи. Проте тільки у XX ст. воно почало змінювати глобальний клімат планети. Як наслідок, постають проблеми глобального потепління, впливу на біоту та ландшафтне середовище, рівень океану, епідемії і перенаселення Земної кулі.

За логікою спрямованої еволюції з сучасної глобальної екологічної кризи виділяються дві головні траєкторії виходу в майбутнє: техносферна і ноосферна.

Згідно з техносферною траєкторією розвитку, реальність визначатиметься “самовпливом”. Згубність ситуації індивідуально усвідомлюватиме багато людей, однак рішучих заходів світова спільнота не вживатиме через різні позиції в різних країнах і в різних верствах суспільства, тому екологічні суперечності загострюватимуться, а планета досягне свого апогею до 2030 р. Імовірно, що кіборг-солдат стане першим реальним результатом процесу кіборгізації. У техногейській цивілізації рано чи пізно виникнуть соціальні суперечки між людьми і кіборгами. До кіборгів, як до найадаптованіших до техносфери, на певному етапі й перейде роль лідера спрямованої еволюції. Отже, можемо зробити однозначний висновок, що запрограмоване входження людства на техносферну траєкторію розвитку в XXI ст. буде катастрофою для нього.

Відповідно до ноосферної траєкторії розвитку, передбачене створення складнішої системи безвідходних виробництв і апелювання до необмежених можливостей науки майбутнього. Такий штучний ноосферний сценарій нещодавно дослідили В. Горшков, К. Кондратьєв, С. Шерман і довели, що він практично неможливий. За іншим сценарієм ноосферно-технологічного розвитку “Sustainable development” – “сталого розвитку”

потреби сьогодення повинні бути задоволені внаслідок економічного зростання, зорієнтованого на принципи енерго- і ресурсозаощадження та безвідходного виробництва і так, щоб не ставити під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти свої потреби.

Отже, вперше зроблено спробу пов'язати головні показники, які характеризують ресурсний, екологічний і, певною мірою, соціальний стан людства в умовах ресурсних обмежень. Науковий напрям "Землелогія" може дати змогу знизити рівень ризиків подальшого розвитку екологічної кризи. А введення наукової дисципліни "Землелогія" у низці вищих навчальних закладів України допоможе сформувавши відповідну світоглядну базу студентів як природничих, так і технічних спеціальностей.

## EARTHLOGY AS NEW SCIENTIFIC DIRECTION IN GEOECOLOGY

**G. Rud'ko**

*Geological Survey of Ukraine*

*State Committee of Ukraine for Mineral Reserves*

*Kutuzova Ave, 18/7, of. 816, Kyiv, 01133, e-mail: scmr@dkz.gov.ua*

The fundamental problems concerning the modern state of Earth as a planet that experiences the period of environmental crisis are elaborated. Researches about the evaluation of natural-resource potential and scopes of its using by humanity are conducted. The strategic aspects of influencing of global rise of the temperature were analyzed. Technological principles of the management of CO<sub>2</sub> content in the atmosphere of Earth are shown. The scenarios of development of Earth are presented in the technogenic trajectory of humanity evolution.

Key words: biosphere, environmental crisis, technogenesis, natural-resource potential, global rise of the temperature.

## ЗЕМЛЕЛОГИЯ КАК НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ГЕОЭКОЛОГИИ

**Г. Рудько**

*Государственная геологическая служба Украины*

*Государственная комиссия Украины по запасам полезных ископаемых*

*пр. Кутузова, 18/7, оф. 816, г. Киев, 01133, e-mail: scmr@dkz.gov.ua*

Затронуты фундаментальные проблемы, связанные с современным состоянием Земли как планеты, переживающей период экологического кризиса. Проведено исследование относительно оценки естественно-ресурсного потенциала и границ его использования человечеством. Проанализировано стратегические аспекты влияния глобального потепления, приведены технологические принципы управления содержанием CO<sub>2</sub> в атмосфере Земли. Изложены сценарии развития Земли в техногенной траектории развития человечества.

*Ключевые слова:* биосфера, экологический кризис, техногенез, естественно-ресурсный потенциал, глобальное потепление.

*Стаття надійшла до редколегії 28.09.2010  
Прийнята до друку 04.10.2010*