

СТОЙКО

Степан Михайлович — доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту екології Карпат НАН України, професор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності МНС України

БІОСФЕРА ЯК ГЛОБАЛЬНА ЕКОСИСТЕМА ТА ВПЛИВ ТЕХНОСФЕРИ НА ЇЇ БАЛАНС

У статті проаналізовано наукові праці В.І. Вернадського та інших вчених стосовно біосфери як самовпорядкованої, саморегульованої, самовідновної глобальної системи. Зазначено, що біосферна оболонка простягається від глибини 11 033 м у Тихому океані до озонового екрану в атмосфері на висоті 10 000 м. Показано функціональну єдність біосфери з її компонентами (блоками) — літосферою, гідросферою, педосферою, атмосферою, біотосферою. Визначено незворотні екологічні процеси — потепління клімату, руйнування озоносфери, збіднення біологічного, екосистемного різноманіття, які дестабілізують біосферу. Підкреслено поліфункціональне значення лісів та обґрунтовано потребу збільшення лісистості у малозалісненій Україні. Наголошено, що глобальне потепління клімату впливатиме на сільськогосподарську, лісогосподарську, водогосподарську інфраструктуру. Рекомендовано запровадити на теренах України моніторинг наслідків кліматичних змін та започаткувати відповідну державну програму ведення господарства в зазначених галузях.

Ключові слова: біосфера, техносфера, техногенний вік, біорізноманіття, антропоген.

Біосфера — єдина у Всесвіті жива система, її екологічний баланс залежить від впливу техносфери

Біосфера — єдина у Всесвіті самоорганізована, саморегульована, самовідновна система, екологічний баланс якої підтримується завдяки асиміляції рослинним світом сонячної енергії та біогеохімічним процесам живих організмів. За даними хронологічних досліджень, 11 700 років тому завершився останній льодовиковий період і настало потепління клімату, яке мало важливе значення для подальшого розвитку органічного світу. У пізньому голоцені на Землі виникли сприятливі екологічні умови, які дали поштовх соціально-економічному розвитку людства. Населення у світі поступово збільшувалося, відповідно, посилювався і антропогенний вплив на біосферу.

Наприкінці ХХ ст. на Землі жило 6 млрд людей, зараз (2020 р.) — 7,8 млрд осіб, а в 2050 р. очікувана кількість населення земної кулі становить 9,7 млрд¹. Адекватно демогра-

¹ www.worldmeters.info

фічному процесу зростав індустріальний потенціал суспільства, виснажувалися природні відновні й невідновні ресурси біосфери. Техногенний вплив почав позначатися на всіх її підсистемах — літосфері, гідросфері, педосфері, атмосфері, органічному світі, а отже, і на якості життєвого середовища.

В ООН питання збереження навколишнього середовища вперше було поставлено на порядок денний у травні 1969 р. Генеральний секретар ООН У Тан у доповіді «Проблеми людського середовища» показав глобальну небезпеку техногенного забруднення довкілля, деградації природного середовища, виснаження відновних та невідновних природних ресурсів. На Міжнародній конференції ООН у Ріо-де-Жанейро в 1992 р., відомій як Саміт Землі, було констатовано, що охорона навколишнього середовища та соціально-економічний розвиток суспільства взаємозалежні. На цій конференції прийнято низку підсумкових документів — Рамкову конвенцію ООН щодо зміни клімату, Конвенцію про збереження біологічного різноманіття, Декларацію щодо раціонального використання й відновлення природних ресурсів. Країни-члени ООН усвідомили небезпеку порушення екологічного стану біосфери для суспільства і необхідність міжнародного співробітництва задля її збереження.

Концепція біосфери та екологічні наслідки техногенного впливу на її функціонування. Загальне поняття, близьке за значенням до біосфери, ввів у наукову літературу в 1875 р. австрійський геолог і фахівець з географії Альп Едуард Зюс (1831–1914) [1]. Досліджуючи геологічні породи альпійської гірської системи, він вживав поняття «краєвид/лик земної оболонки» (*das Antlitz der Erde*). На початку ХХ ст. український вчений-мінералог, біогеохімік, біолог В.І. Вернадський, виходячи з біогеохімічних позицій, розширив зміст цього поняття і в 1926 р. опублікував наукову працю «*La biosphere*». Згодом у своїх монографіях він визначив важливі біогеохімічні функції живих організмів (живої речовини), які сприяли формуванню біосфери Землі, — газу, концентраційну, окисно-відновну, біо-

геохімічну, пов'язану з дією органічного світу та життєдіяльністю людини [2]. Наукові праці В.І. Вернадського мають вагоме значення для з'ясування взаємовідносин суспільства і природи в сучасному техногенному віці та обґрунтування екологічних засад охорони біосфери Землі.

Аналізуючи зростаючий техногенний вплив суспільства на навколишнє природне середовище, академік В.І. Вернадський ще на початку ХХ ст. вважав, що поряд з космічним і природним факторами на біосферу та її організованість впливає фактор антропогенний. Унаслідок впливу життєдіяльності людини формується новий стан біосфери — *ноосфера* [3]. Цей термін у наукову літературу було введено в 1927 р. французьким філософом і математиком Е. ле Руа, який був прибічником вчення В.І. Вернадського про біосферу [4]. В.І. Вернадський розглядав ноосферу як «такий стан біосфери, в якому повинні проявлятися розум і керована ним праця людини, як нова небувала на планеті геологічна сила» [3, с. 123; переклад автора]. Початок формування ноосфери він пов'язував з періодом розвитку античних країн — Греції і Риму, які вирізнялися відносно розвиненим землеробством, наявністю досить великих міст та іншими економічними й культурними досягненнями.

У 1968 р. Комісія МАБ ЮНЕСКО організувала в Парижі Першу міжнародну наукову конференцію з сучасних проблем природного середовища й біосфери, в якій взяли участь 238 вчених з різних країн. Її учасники сформулювали наукове визначення біосфери як «земного простору, в якому може існувати життя і який включає земну поверхню, прилеглу до неї частину літосфери, гідросфери, атмосфери». Макроструктуру біосфери та засади її функціонування згодом з'ясував американський еколог Дж. Хатчинсон [5]. Він виокремив три характерні для біосфери природні складові: а) складову, в якій зосереджена значна кількість водних ресурсів; б) потік сонячної енергії, що надходить до біосфери; в) речовини, які містяться в біосфері у рідкому, твердому і газоподібному стані.

Біосфера як навколосезна система об'єднує п'ять функціонально взаємопов'язаних природних компонентів (біосферних блоків, суб-систем), які виникли впродовж тривалої в геологічному вимірі доби її формування. До них належить верхній шар *літосфери*, в якому під впливом живих організмів відбувається процес ґрунтоутворення. Внаслідок подальшої біогеохімічної взаємодії цього шару з рослинним і тваринним світом сформувалася *педосфера*. Найбільшою і найоб'ємнішою складовою біосфери є *гідросфера*, яка охоплює Світовий океан та всі водні ресурси Землі в рідкому й замерзлому стані. Живим компонентом біосфери є органічний світ на Землі – *біотосфера*, яка включає автотрофний рослинний світ та гетеротрофний тваринний світ. До біосфери належить також *частина атмосфери* до озонного екрану зі сприятливим для фотосинтезу киснево-вуглекислотним балансом та наявністю в ній таких форм живої речовини, як пилок, спори, бактерії.

У Тихому океані розташована найглибша на земній кулі Маріанська западина (11 033 м). На цій глибині виявлено деякі види риб, бактерії та інші живі організми. Отже, є підстави вважати цю западину *нижньою межею біосфери*. Найвищим на нашій планеті гірським масивом є Еверест (8848 м н.р.м.), розташований у прикордонній зоні Китаю й Непалу. На його вершинах середня річна температура становить -36°C , а в окремі роки опускається до -60°C . Середня температура липня дорівнює -19°C , а швидкість вітру сягає 200 км/год. Характерною особливістю біологічних видів на Землі, яка виробилася у процесі еволюції органічного світу, є здатність пристосовуватися внаслідок природного добору до екстремальних умов середовища. Про це свідчить наявність на вершині Евересту бактерій та локальних популяцій деяких спорових і вищих судинних рослин та хребетних тварин. За даними ботанічних досліджень, на Евересті до висоти 5000 м н.р.м. ростуть оліготрофні чагарники й чагарнички – рододендрон нівальний (*Rhododendron nivale*), ялівець індійський (*Juniperis indica*) та ін. Вище поширені деякі бореальні види мохів

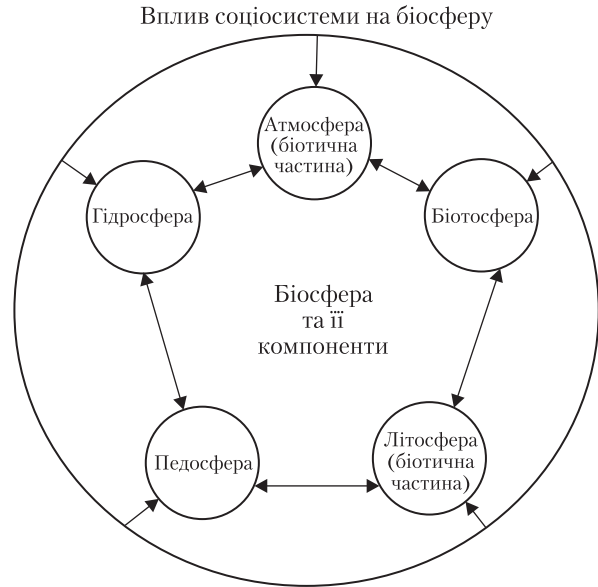


Рис. 1. Системна єдність біосфери. Стрілками показано функціональні зв'язки між її компонентами та вплив соціосистеми

та лишайників. Екстремальні екологічні умови витримують окремі популяції комах. На висоті 6700 м н.р.м. трапляються павуки-скакуни. Вище виявлено лише бактерії. Деякі птахи – альпійська галка (*Pyrhacorax graculus*), альпійська гуска (*Anser indicus*) долітають до еродованих льодовиками найбільших вершин Евересту, але не гніздяться там.

Біологи встановили, що в атмосфері до висоти 10 км трапляються живі бактерії, пилок, спори рослин, які озонний шар захищає від небезпечного ультрафіолетового опромінювання. З огляду на це є підстави вважати цей висотний шар над поверхнею Землі *верхньою межею біосфери*. Отже, біосфера охоплює навколосезну біоекологічну оболонку (нішу) загальною потужністю 21 км – від глибини 11 км у Світовому океані до висоти 10 км над геоїдом Землі. Це єдина у Всесвіті глобальна самоорганізована, саморегульована, самовідновна система, яка сформувалася завдяки фотосинтезу енергії Сонця та біогеохімічним процесам живої речовини [7–9]. На рис. 1 показано компоненти біосфери, функціональні зв'язки між ними та вплив на них соціосфери.

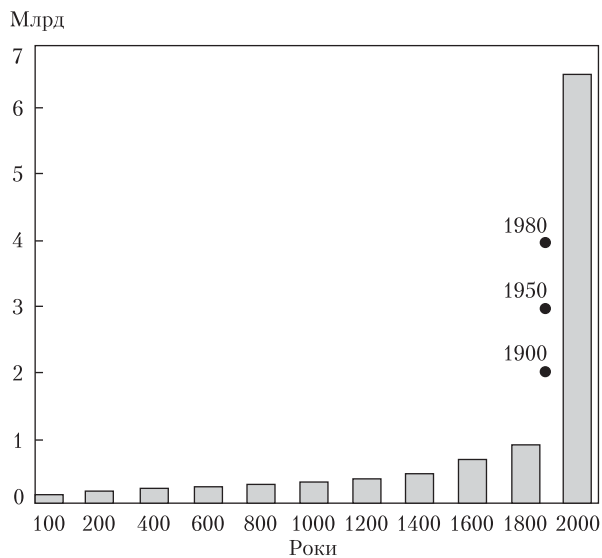


Рис. 2. Зростання населення на земній кулі впродовж другого тисячоліття за даними ООН [6]. Кількість населення у 2000 р. уточнено за даними ВООЗ

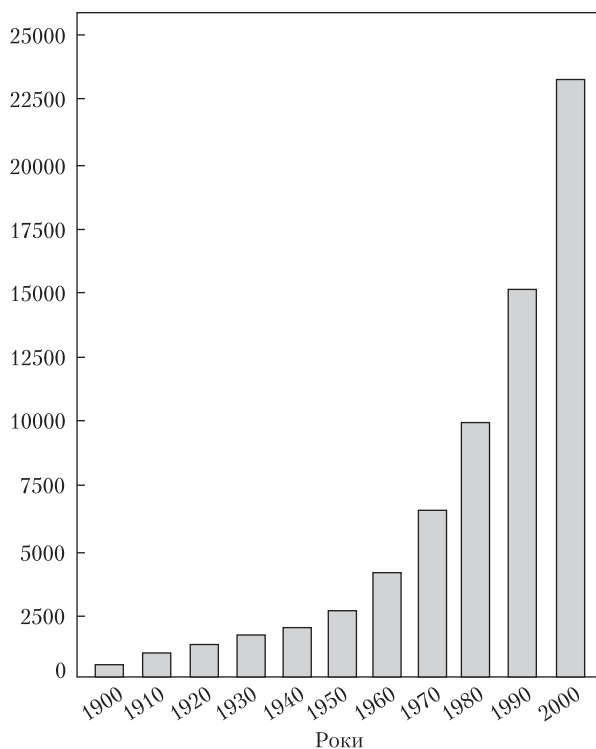


Рис. 3. Зростання світового використання енергії вугільного палива у XX ст. в млн т умовного палива у вугільному еквіваленті [6]

За даними геофізичних досліджень, площа поверхні земної кулі становить 510 млн км², її об'єм — 1083 млрд м³, екваторіальний радіус — 6378,2 км, полярний радіус — 6359,9 км. Екологічний стан нашої планети та екологічна безпека суспільства залежать від біосфери — живої навколоземної оболонки потужністю 21 км. Біосфера, як жива система, вразлива до небажаного зовнішнього впливу. Про її екологічну лабільність свідчить мала стійкість органічного компонента проти небезпечних хвороб. Доказом цього є пандемія коронавірусу, що триває з початку 2020 р. З однієї китайської провінції вірус швидко поширився на всі континенти і спричинив масове захворювання людей з летальними наслідками. Суспільство повинне усвідомити екологічну лабільність біосфери і використовувати її природний потенціал так, щоб не порушувати екологічний баланс.

Потрібно зазначити, що параметри біосфери не були постійними і в різні періоди геологічної історії Землі змінювалися відповідно до зміни клімату на планеті. Про це свідчать палеонтологічні дослідження скам'янілих решток видів рослин і тварин, які збереглися за межами сучасної біосфери.

У взаємодії суспільства з навколишнім природним середовищем та в його соціальному й економічному розвитку археологи виокремлюють п'ять послідовних віків. Найдовшим був *палеоліт* (від 800 до 13 тис. років тому), під час якого людина використовувала у своїй життєдіяльності вироби з кісток тварин, дерева, каменю, кременю, тому її вплив на природне середовище був локальним. Згодом, у *мезоліті* та *неоліті* антропогенний вплив збільшувався. Після неоліту настав *бронзовий вік*, у якому людина почала використовувати знаряддя праці з бронзи — сплаву міді з іншими металами, що сприяло вдосконаленню засобів виробництва, поліпшенню життєвих умов, збільшенню людської популяції та її впливу на навколишній рослинний і тваринний світ.

Приблизно з 1200 р. до н.е. почався *залізний вік*, який тривав до 340 р. н.е. В Європі у VIII–VII ст. до н.е. вже виплавляли з болотної заліз-

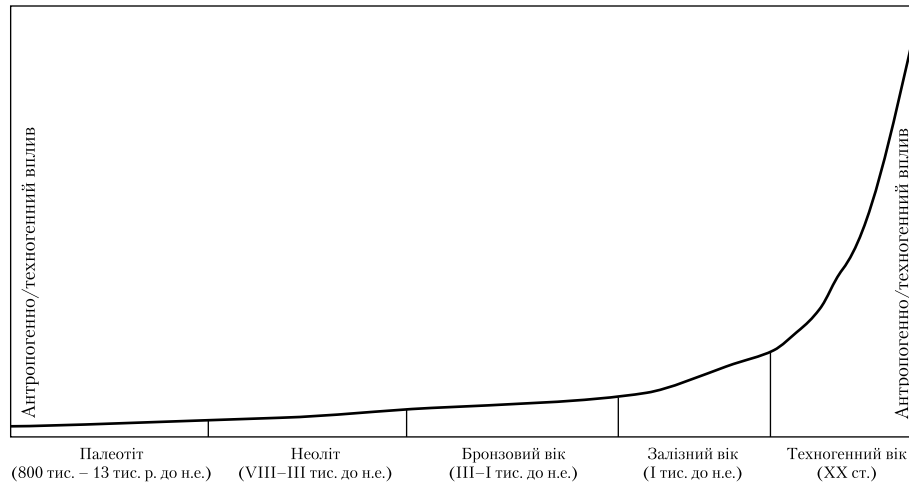


Рис. 4. Динаміка потенційного антропогенного/техногенного впливу на природне середовище в палеоліті, неоліті, бронзовому, залізному, техногенному віках

ної руди залізо. Застосування залізних знарядь у різних галузях виробництва сприяло подальшому економічному прогресу. Однак в історії розвитку глобальної спільноти були й події, які гальмували цей прогрес. Через незадовільний санітарний стан у містах і селах періодично виникали пандемічні хвороби — чума, холера, віспа та ін. Тому приріст населення на планеті був низьким. За даними ООН, на початку першого тисячоліття кількість населення у світі сягала приблизно 200 млн осіб (рис. 2). Є підстави вважати, що антропогенний вплив на природне середовище був локальним і проявлявся здебільшого в містах та інших густозаселених місцевостях.

У соціально-економічному розвитку суспільства вагоме значення мав науково-технічний прогрес, що розпочався у XVIII ст. У 1769 р. в Англії було створено універсальну парову машину, застосування якої сприяло розвитку пароплавства, а з середини XIX ст. — залізничного транспорту. Наприкінці XIX ст. було винайдено двигун внутрішнього згоряння, який працював на органічному паливі, що зумовило розвиток автомобільного та авіатранспорту. Розгалужена мережа шосейних доріг і залізниць наблизила людину до нових джерел органічного палива та природних ресурсів, використання яких сприяло формуван-

ню нових галузей промисловості та прискорювало економічний і демографічний прогрес. Завдяки значним науково-технічним, економічним, культурним досягненням, високим темпам приросту населення та соціально-економічного розвитку суспільства XX століття можна вважати знаменним в історичному розвитку глобальної спільноти. Кількість населення на планеті наприкінці минулого століття досягла 6 млрд осіб, відповідно збільшилися й індустріальний потенціал та техногенне навантаження на біосферу (рис. 2).

У зв'язку з розвитком індустріального потенціалу у промислово розвинених країнах зросла потреба у використанні енергії викопного палива. Починаючи з середини XX ст. його темпи поступово збільшувалися, зумовлюючи посилення техногенного навантаження на біосферу (рис. 3).

Є підстави вважати, що в соціально-економічному розвитку людської спільноти (соціуму) після тривалого *залізного віку* в XX ст. почався новий, *техногенний вік*, екологічні наслідки якого проявилися у масштабах всієї біосфери. На рис. 4 показано модель антропогенного/техногенного (а/т) впливу на біосферу в різні періоди розвитку соціуму.

В.І. Вернадський, як далекоглядний учений, ще на початку XX ст. стверджував, що зі збіль-

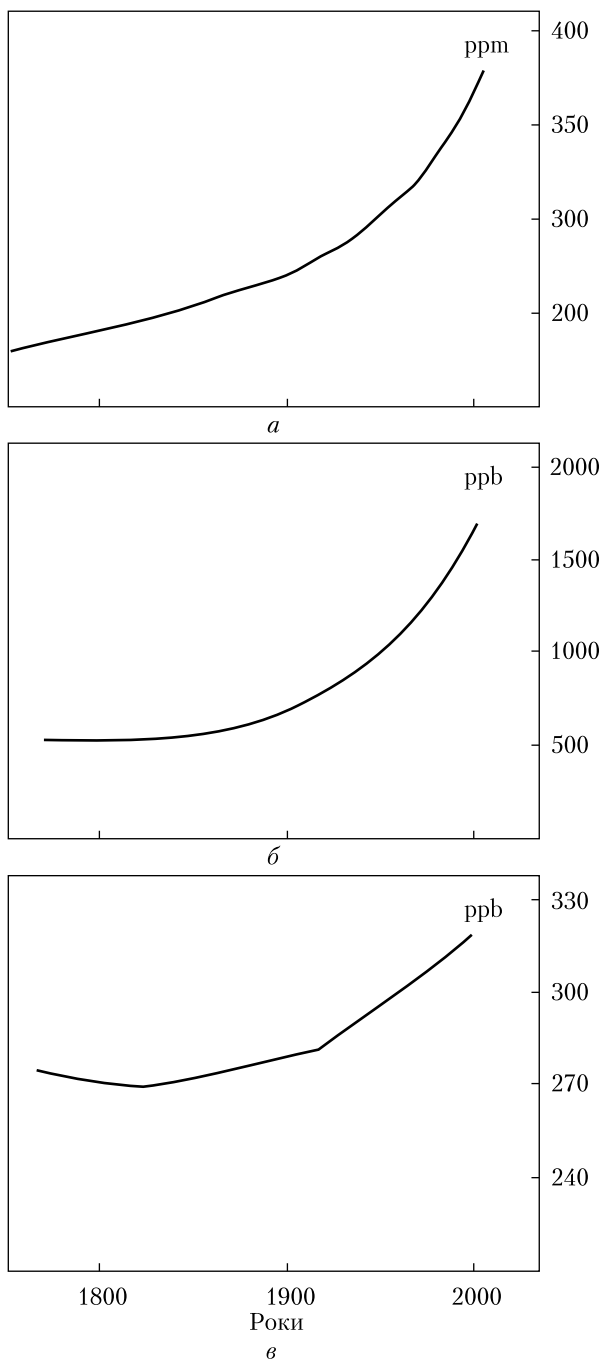


Рис. 5. Зміна концентрації парникових газів в атмосфері з 1750 р.: а – CO₂; б – CH₄; в – N₂O

шенням кількості населення та розвитком його технічного оснащення а/т-вплив на біосферу зростатиме [2]. За прогнозами ВООЗ,

у ХХІ ст. кількість населення у світі може збільшитися удвічі, а отже, зросте а/т-вплив на взаємопов'язані компоненти біосфери – педосферу, гідросферу, атмосферу, рослинний і тваринний світ. Дослідженням такого впливу й обґрунтуванням заходів зі збереження біосфери має займатися спеціальна наукова дисципліна, для якої автор запропонував назву *геосозологія* (geosozology, від грец. «созо» – охороняти, рятувати). Концептуальні положення, наукові засади та завдання геосозології викладено в ряді публікацій [7–10].

Незворотні екологічні процеси в біосфері.

З розвитком промислово-індустріального потенціалу техногенний вплив почав поширюватися на всі компоненти біосфери. Його екологічні наслідки проявляються в землеробстві, лісівництві, водному господарстві та інших галузях економіки, пов'язаних з використанням природних ресурсів. Ключове значення має такий незворотний процес, як глобальне потепління клімату. Тому при екологічному обґрунтуванні сталого соціально-економічного розвитку глобальної спільноти потрібно враховувати цей незворотний процес та його глобальні екологічні наслідки.

Причини й наслідки глобального потепління клімату. Для дослідження причин і наслідків глобального потепління клімату керівники Програми ООН з навколишнього середовища (United Nations Environmental Program – UNEP) та Всесвітньої метеорологічної організації (World Meteorological Organization – WMO) створили Міжурядову панель зі зміни клімату (The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) та організували Міжнародну групу експертів зі зміни клімату (МГЕЗК). Дослідження причин змін клімату в різних природно-географічних зонах проводив колектив зі 130 досвідчених метеорологів, а екологічні наслідки аналізували понад 400 вчених [11]. За ці дослідження науковці МГЕЗК у 2007 р. одержали Нобелівську премію миру. До ООН було подано наукову доповідь МГЕЗК «Зміна клімату – 2007», в якій зроблено висновок, що зміна клімату і глобальне потепління – неспростовна реальність. Головною причиною

цих явищ є збільшення вмісту парникових газів в атмосфері, яке було виявлено в результаті порівняльних досліджень їх концентрацій у нашу добу та в минулому, для чого проаналізовано керни льоду, взяті з льодовиків, які виникли в різні за геологічним віком періоди.

Вчені МГЗЕК встановили, що впродовж 1750–2000 рр. кількість парникових газів на Землі зросла на 70%, що й стало головною причиною зміни та потепління клімату. Найнебезпечнішими парниковими газами виявилися вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4), оксид азоту (N_2O). На рис. 5 показано динаміку концентрації цих газів в атмосфері за останні два століття. Встановлено, що в доіндустріальний період концентрація CO_2 в атмосфері становила 280 ppm, а в 2005 р. – 379 ppm. Збільшилася в атмосфері й концентрація CH_4 – з 715 до 1774 ppb, а N_2O – з 270 до 319 ppb.

На рис. 6 показано динаміку глобального потепління клімату на планеті за період 1850–2000 рр., його вплив на рівень вод Світового океану та екорегіони з наявністю льодовиків і вічних снігів.

Згідно з дослідженнями МГЗЕК, сторічний лінійний тренд підвищення температури повітря у приземному горизонті становить $0,74^\circ\text{C}$. Внаслідок танення льодовиків і полярних льодових щитів та теплового розширення обсягу води у Світовому океані глобальний рівень його водного дзеркала підвищувався з 1961 р. зі швидкістю 1,8 мм за рік, а з 1993 р. – 3,1 мм за рік. Супутникові дослідження свідчать, що площа арктичного льоду зменшувалася впродовж 1981–2010 рр. у середньому на 12,85% за десятиліття, а мінімум площі заледеніння поверхні Землі спостерігали у 2012 р.²

Унаслідок глобального потепління виникли й інші природні явища на обох півкулях Землі. Почала зменшуватися площа льодовиків і товща снігового покриву у високогірних місцевостях. У період 1995–2006 рр. 11 з 12 років були дуже теплими. Упродовж останніх 50 років у країнах, розташованих у теплій кліматич-

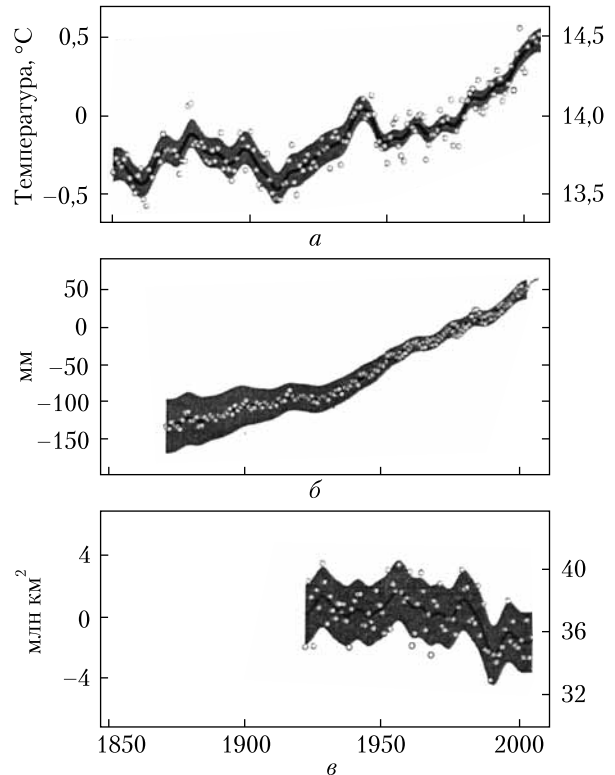


Рис. 6. Тенденція глобального потепління клімату на Землі протягом 150 років (за даними МГЗЕК) [11]: *a* – середньорічне зростання температури; *б* – середньорічне підвищення рівня вод Світового океану; *в* – зменшення площі льодового і снігового покриву

ній зоні, частіше спостерігаються екстремальні температури, циклони, трапляються торнадо, повені на річках, лісові пожежі. У результаті глобального потепління клімату можуть відбуватися зміни в природно-географічних зонах Землі.

Україна розташована в центральній частині Європи в широколистяній, лісостеповій та степовій природно-географічних зонах. Тому кліматичний режим на її території значною мірою залежить від змін клімату на континенті. За даними Центральної геофізичної обсерваторії, у 2015 р. середньорічна температура на теренах країни була $+10,1^\circ\text{C}$, тобто на $1,7^\circ\text{C}$ більшою від багаторічної кліматичної норми. У тому ж році середня річна температура становила в Одеській та Херсонській областях

² <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>

+13 °С. У Миколаївській області на метеостанції Вознесенська 1 та 2 вересня 2015 р. було зафіксовано температуру +38,8 °С. Потенційні екологічні наслідки потепління клімату можуть проявлятися в лісовому та сільському господарстві. Про це свідчать небезпечні пожежі влітку 2020 р. в лісах Херсонської області, тривала посуха весною в Одеській та інших південних областях [12].

Згідно з повідомленням Українського гідрометеорологічного інституту, впродовж останніх 50 років середня річна температура в країні підвищилася на 0,7 °С, а річна кількість опадів — на 4–5 мм [14]. Така зміна впливатиме на тенденції поширення природних лісів та інших типів рослинності. Про це свідчать наслідки зміни клімату, які настали у високогір'ї Карпат. Ще в середині минулого століття на північних схилах Чорногори й Попа Івана Мармароського у квітні можна було кататися на лижах на сніжниках різної товщини. Тепер на їх місці поширені чагарнички і трав'яна рослинність.

У зв'язку з потеплінням клімату центичні зміни можуть відбуватися в лісах різних фізико-географічних регіонів. Букові ліси вирізняються високою вітальністю на Розточчі, Опіллі, Поділлі [13]. Тому тут є можливості збільшення їх площі. На Поліссі можливе підсихання сирих і вологих едатоїв, що сприятиме поліпшенню росту соснових лісів (*Pineta sylvestris*). На торф'яних ґрунтах можуть формуватися чорновільхові (*Alneta glutinosae*) й березові (*Betuleta pendulae*) деревостани. Потепління клімату може призвести до підвищення небезпеки лісових пожеж у хвойних лісах.

Унаслідок потепління клімату виникають сприятливі екологічні умови для культивування у відповідних екорегіонах теплолюбних плодових деревних порід — каштана їстівного (*Castanea sativa*), черешні (*Cerasus avium*), бебеки (*Sorbus torminalis*), горіхів чорного (*Juglans nigra*) й сірого (*J. cinerea*), шовковиці білої (*Morus alba*) та ін., що сприятиме збільшенню популяцій лісової фауни. У країнах Західної Європи складають перспективні плани розви-

тку лісового, сільського, водного господарства у зв'язку зі зміною клімату. Такі плани потрібно підготувати і в Україні.

Екологічна небезпека дестабілізації озоносфери. Озоновий шар, розташований у стратосфері на висоті від 15 до 35 км, має вагоме значення у збереженні органічного світу від надмірного УФ-опроміювання. В 1957 р. вперше було зареєстровано зменшення концентрації озону в стратосфері Антарктиди. З цього часу ведуться космічні й наземні спостереження за станом озоносфери.

У результаті геофізичних досліджень встановлено, що зниження вмісту озону в стратосфері на 1 % спричинює зростання на 2 % УФ-опроміювання на поверхні Землі, що може призвести до збільшення частоти різних захворювань. За даними ООН, у різних країнах світу внаслідок руйнування озоносфери трапляється 100 тис. нових випадків катаракти та 10 тис. випадків раку шкіри. Руйнування озонового шару є причиною утворення злужених меланом, зниження імунітету у людини й тварин, здатне впливати на генетичну структуру біологічних видів. У результаті викиду в повітряний басейн небезпечних для озону газів упродовж 1979–1998 рр. його концентрація в озоносфері зменшилася на 5%. Отже, дестабілізація озонового шару — важлива біологічна, соціальна, екологічна проблема.

Стан озоносфери почав привертати увагу вчених лише з 60-х років минулого століття. Всесвітня метеорологічна організація у 1975 р. схвалила проєкт «Глобальне вивчення і моніторинг озону». У 1977 р. було проведено Міжнародну нараду експертів з проблем озоносфери, на якій було узгоджено Світовий план дій щодо озонового шару. У 1985 р. було прийнято Віденську конвенцію про його захист.

Нині у світі щороку виробляється до 1300 тис. т озоноруйнівних речовин, викиди яких в атмосферу збільшилися за останні десятиліття в кілька разів. У 1987 р. в Монреалі відбулася Міжнародна конференція з проблем озоносфери. На ній 23 розвинені країни світу підписали Конвенцію про зменшення та відмову від використання хімічних речовин, що дес-

табілізують озоновий шар. У 1988 р. її схвалив уряд України.

Встановлено, що найнебезпечнішими для озоносфери є хлорфторвуглецеві сполуки (ХФВ), зокрема фреони. Зараз відомо понад 40 різновидів цих сполук. Фреони набули широкого застосування в холодильних апаратах та іншій техніці. Небезпека фреонів полягає в тому, що вони не вступають на поверхні планети в жодні хімічні реакції і можуть зберігатися в атмосфері до 120 років та впливати на озон. Руйнування озонового екрану небезпечно й для Світового океану. Ультрафіолетові промені погано поглинаються водою, тому в разі їх активної дії може гинути морський планктон, який є основою трофічного ланцюга в океані.

Дослідження стану озонового екрану в Україні проводять на озонотричних станціях у Києві, Борисполі, Одесі, Львові, на гірському масиві Карадаг. Встановлено, що впродовж 1973–1999 рр. у деякі весняні та літні місяці середні значення загального вмісту озону були нижчі за норму, а в низці випадків — за критичну норму. Згідно з Монреальською угодою, Україна повинна переобладнати заводи, на яких використовують речовини, що руйнують озон. Для цього Всесвітній екологічний фонд надав країні фінансову допомогу.

Небезпека збіднення біологічного різноманіття. Внаслідок широкомасштабної денатуралізації природних ландшафтів та зростання техногенного впливу на довкілля небезпечним для біосфери є збіднення біологічного різноманіття. Згідно з дослідженнями Ф.М. Сміта, Р.М. Мея та інших американських біологів [15], з початку XVI ст. на планеті зникло 486 видів безхребетних і хребетних тварин, а під загрозою перебувають 3565 видів. Ще більші втрати в рослинному світі. За згаданий період зникло 604 види рослин, під загрозою — 23062 види. Вперше у біосфері процес зникнення біологічних видів почав випереджати процес природного видоутворення, що є певною загрозою для еволюції органічного світу.

Денатуралізація природних ландшафтів та інші техногенні причини зумовили збіднення біологічного різноманіття на теренах Украї-

ни. У Вулканічних Карпатах зникла горобина круглолиста (*Sorbus aria*), в гірських районах — бруслина карликова (*Euonymus nana*). У Притисянській низовині у 1930-х роках зникла популяція степового виду дрохви (*Otis otis*). Зараз вона поширена у степовій зоні і внесена до Червоної книги.

У середньовіччі в Україні була поширена популяція турів (*Bos primigenius*). Про їх наявність у Закарпатті свідчать такі назви, як річка Тур'я, гірські села Тур'я Поляна, Тур'я Ремета. Подібні назви лісових урочищ є на Волині. З одомашнених турів було виведено кілька порід свійських тварин, зокрема й сіру українську. Остаточно популяція зникла в XVII ст. У степовій зоні України в XIX ст. водилися низькорослі дикі коні тарпани (*Equus gmelini*). Останнього тарпана вилунали в 1886 р. в с. Нововоронцовка на Харківщині. Польські зоологи відтворили схрещуванням свійських коней з ознаками тарпанів. Цих тварин розводять у Яворівському національному природному парку на Розточчі.

До розділу «Рослинний світ» Червоної книги України занесено 611 видів судинних рослин та 25 видів грибів, до розділу «Тваринний світ» — 522 види, в тому числі 245 видів хребетних тварин.

У результаті антропогенних змін у природних ландшафтах сталися істотні зміни в ценотичному складі природного рослинного покриву. З метою збереження рідкісних і цінних в економічному контексті фітоценозів у 1987 р. було опубліковано «Зелену книгу України», до якої включено 126 рідкісних фітоценозів, які потребують захисту. Серед них 51 лісових, 23 степових, 16 лучних, 5 чагарникових, 16 водних. Для збереження біологічного і екосистемного різноманіття створено мережу національних природних парків, заповідників, регіональних ландшафтних парків та інших об'єктів природно-заповідного фонду, площа якого становить понад 6% території країни.

Україна розташована в трьох природно-географічних зонах — степовій, лісостеповій, широколистяно-лісовій. На її території є такі флористично багаті гірські системи, як Східні

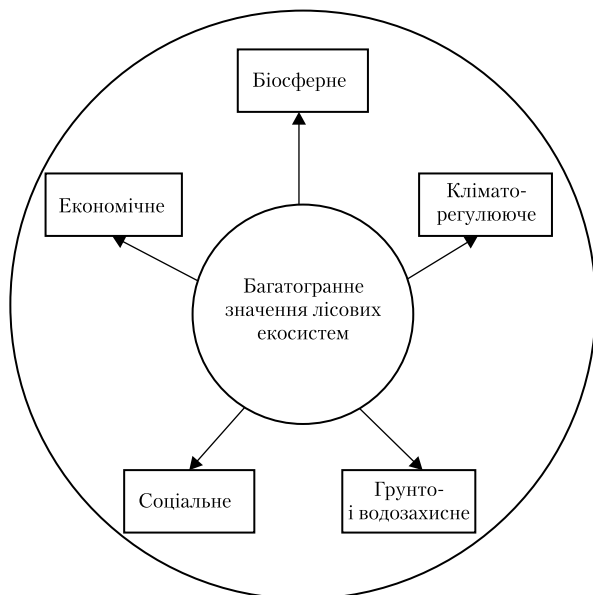


Рис. 7. Поліфункціональне значення лісових екосистем

Карпати й Крим. Флора України налічує 4997 видів вищих рослин, що становить 40% флористичного багатства країн Західної Європи [16] і свідчить про її важливе значення для збереження фітогенфонду на нашому континенті.

Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (IUCN) опублікував у 1998 р. Червоний список судинних рослин, популяції яких є рідкісними для всієї Землі. За даними С.Л. Мосякіна [29], до нього занесено 53 види деревних, чагарникових та трав'яних рослин, поширених в Україні. Це такі світові ендеми, як модрина польська (*Larix decidua* Mill. ssp. *polonica* (Racib.) Domin), яка охороняється в лісових резерватах Кедрин, Манява; бузок угорський (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Reichenb.) — охороняється в Климецькому лісовому резерваті на Львівщині; відкашик татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Dess. ex Szafer) та шіврекія подільська (*Schivereckia podolica* (Bess.) Andrz.), які охороняються в степових резерватах на Поділлі, тощо. Зникнення ендемічних видів флори і фауни небезпечно не лише тому, що вони мають важливе науково-природниче чи економічне значення. З їх зникненням в

еволюційному ланцюгу утворюється «еволюційний гіатус» (прогалина), в якому процес еволюції може гальмуватися, що створюватиме небезпеку для органічного світу біосфери. Ботанічним резерватам та національним паркам, у яких охороняються популяції світових ендемів, потрібно надати статус світових охоронних об'єктів.

Збереження лісів та збільшення лісистості в Україні — важлива економічна й екологічна проблема. Лісові формації — найпоширеніший тип рослинності на суходолі. Завдяки довговічності, складній морфологічній будові деревостану та кореневих систем, багатому на органічні речовини відпаду вони мають важливе ґрунтоутвірне і ґрунтозахисне значення. Ліси підтримують киснево-вуглекислотний баланс в атмосфері, акумулюють вуглець у деревині та ґрунтах, що сприяє зменшенню викидів CO₂ та небезпеки глобального потепління клімату. Лісові формації, випаровуючи значну частину атмосферних опадів, впливають на кліматичний режим у прилеглий до них місцевості. Завдяки складній ценотичній структурі лісові екосистеми сприяють збереженню біологічної різноманітності флори і фауни. Важко переоцінити соціальне та рекреаційне значення лісів у сучасному урбанізованому світі.

Упродовж останніх століть у лісових формаціях України відбулися значні територіальні та ценотичні зміни, які негативно позначилися на екологічному стані довкілля, гідрологічному режимі річок, біологічній різноманітності флори і фауни. На основі досліджень морфологічних ознак лісових ґрунтів, архівних даних, острівних локалітетів деревних порід С.А. Генсірук встановив, що у середньовіччі в сучасних межах України лісистість сягала 40% [30]. Згідно з інформацією Державного агентства лісових ресурсів, станом на 1 січня 2011 р. площа лісів України становила 9677,2 тис. га а лісистість — 15,6%. Україна належить до найменш заліснених країн Європи. Тому збільшення лісистості — важливе й актуальне завдання державного масштабу.

Кожна з трьох природно-географічних зон України — степова, лісостепова, широколи-

тяно-лісова — має різні кліматичні та ґрунтові умови для лісових формацій. Поступове зменшення лісистості на її теренах почалося ще в XVI–XVII ст. і було зумовлене закономірними демографічними й економічними процесами, зокрема розвитком рільництва і тваринництва. Ці галузі сільського господарства не могли розвиватися в суцільному лісовому середовищі, тому таке зменшення лісистості з соціальної точки зору було вмотивованим.

Але були на теренах України й інші причини знеліснення. Щоб заволодіти Чорноморським басейном, російський імператор Петро I у першій половині XVIII ст. почав будувати морські порти та створювати чорноморський військовий флот. Для будівництва найбільш придатною була деревина дуба, яка завдяки наявним у ній дубильним речовинам не гниє у водному середовищі. Аналогічну політику щодо Чорноморського басейну проводила наступниця Петра I — Катерина II. Є підстави вважати, що чорноморські порти та чорноморський військовий флот було збудовано з деревини дуба звичайного (*Quercus robur*), яку заготовляли у степовій та лісостеповій зонах України. Тепер у цих природних зонах збереглися лише острівні осередки колись поширених дубових лісів. Значні антропогенні зміни відбулися також у зоні широколистяних лісів на Волині, де на родючих сірих лісових ґрунтах були поширені високопродуктивні грабові діброви (*Carpineto – Quercetum roboris*). Деревину дуба високо цінували та активно використовували у виноробній галузі в західноєвропейських країнах, а тому після спорудження у другій половині XIX ст. залізниць її масово експортували з України на лісові ринки Західної Європи.

У минулі століття, коли площа лісів була більшою, ніж тепер, людина розглядала їх з утилітарних позицій як джерело будівельних матеріалів і палива, як мисливські угіддя, не усвідомлюючи важливого ґрунтозахисного, водорегулятивного, екологічного, соціального, біосферного значення лісових формацій (рис. 7).

В екологічній стратегії розвитку лісівництва потрібно враховувати два критерії оцінки зна-

чення лісових екосистем: *економічний* (*матеріальний*), який стосується оцінки лісу як продукента деревини, та *суспільно корисний* (*нематеріальний*), за яким ліс оцінюється за його суспільно корисними послугами. Зважаючи на сучасний рівень розвитку хімічної промисловості деревину в багатьох випадках замінюють пластмасами та іншими хімічними матеріалами. Тому в майбутньому суспільно корисне значення лісових екосистем переважатиме над суто економічним.

В умовах слабо залісненої України вагоме значення мають Карпати, вологий і м'який клімат яких створює оптимальні екологічні умови для лісових формацій. Середній річний приріст деревини на одному гектарі в букових лісах — 4–5 м³, а в ялинових — 5–6 м³, що значно більше, ніж у лісах лісостепової та степової зон. Тому цей гірський екорегіон матиме й надалі ключове значення для забезпечення деревиною народного господарства.

У минулі століття в лісах Карпат відбулися істотні територіальні та ценотичні зміни, які позначилися на їх екологічному балансі. На полонинах Черногірського, Мармароського, Свидовецького гірських масивів з кінця XVII ст. практикували випас овець та великої рогатої худоби, під впливом якого розширювалася площа полонинських пасовищ за рахунок лісів. Площа полонин нині становить понад 20 тис. га. Наприкінці XIX ст. через Ужоцький, Верецький, Яблунівський перевали було прокладено залізницю, що сприяло експорту деревини. В результаті масштабної експлуатації площа лісів поступово скорочувалася, а отже, зменшувалося їх водозахисне і водорегуляційне значення.

Враховуючи низький відсоток лісистості в Україні та вагоме екологічне значення лісових формацій Уряд України затвердив Державну цільову програму «Ліси України» на 2000–2015 рр., яка передбачала створення 506 тис. га лісових культур. Наукові співробітники Українського науково-дослідного інституту лісового господарства й агроеліорації (УкрНДІЛГА) обґрунтували для окремих фізико-географічних регіонів країни нормативи опти-

мальної лісистості, яка сприятиме поліпшенню екологічного балансу в країні та матиме економічне значення. Згідно з цими нормативами, потрібно збільшити лісистість на Поліссі з 26,8 до 32%; у лісостеповій зоні – з 13,0 до 18,0%; у степовій зоні – з 5,3 до 9,0%; у Карпатах – з 42 до 45%; в Автономній Республіці Крим – з 10,4 до 19%. На території всієї країни лісистість слід підвищити з 15,6 до 20% [25].

Для збільшення лісистості є реальні можливості. У держлісфонді тепер налічується 205 тис. га девастрованих угідь, зайнятих раніше лісами. У земельному фонді профільного міністерства значиться 500 тис. га непродуктивних земель. Це той запас земельних угідь, який можна використати для заліснення. Збільшення лісистості сприятиме поліпшенню екологічного стану та захисту ґрунтів від вітрової ерозії у степовій та лісостеповій природних зонах, а в Карпатах – підтриманню водорегулятивної ролі гірських річок. Створення нових лісів на теренах України буде певним внеском у подолання небезпеки глобального потепління клімату в центральній зоні нашого континенту.

Значення лісів Карпат для збереження водозахисної ролі гірських річок та зменшення небезпеки повеней. У цьому контексті пригадується відомий напис на піраміді Хеопса, який нині звучить як вирок: «Людство зникне від невміння користуватись силами природи та незнання справжнього світу».

Українські Карпати у доагрокультурний період, за винятком полонин та скельних ландшафтів, були вкриті суцільними лісами. У зв'язку з демографічним процесом, розвитком землеробства й тваринництва площа лісів поступово зменшувалася, і на сьогодні середня лісистість гірського масиву становить 42%. Карпатський екорегіон розташований у зоні континентального європейського клімату, основні риси якого визначаються переважанням атлантичних і трансформованих повітряних мас. Середня річна кількість опадів становить від 805 (метеостанція Ужгород, 124 м н.р.м.) до 1491 мм (метеостанція Пожижевська, 1451 м н.р.м.). У субальпійському та

альпійському поясах кількість атмосферних опадів може сягати до 2000 мм. В екорегіоні періодично виникає несприятлива метеорологічна ситуація, коли кількість опадів протягом доби перевищує місячну норму. Метеорологи Н.І. Рубцов, М.М. Котова, Л.В. Міхеєв встановили, що впродовж останніх 60–70 років в окремих місцевостях Карпат випадала за добу така кількість опадів: понад 100 мм – 150 разів, понад 150 мм – 20 разів, понад 200 мм – 6 разів [17]. Оскільки гірська система розташована в географічній зоні з гумідним та мінливим кліматичним режимом, є природна небезпека повеней у басейнах Тиси, Дністра, Прута та їхніх приток.

Про природну небезпеку виникнення повеней у гумідному регіоні Карпат свідчать дослідження історика та етнографа академіка Івана Крип'якевича [18]. На підставі літописів та архівних матеріалів він встановив, що на річках у басейні Дністра небезпечні повені траплялися і в минулих століттях, коли Карпати, за винятком полонин, людських поселень, русел річок, були вкриті суцільними лісами. Влітку 1164 р. під час повені на Дністрі біля Галича були й людські жертви. У Галицько-Волинському літописі згадано про повінь на Дністрі 1230 р. Дощі тоді були настільки тривалі, а Дністер був таким повноводним, що це перешкодило наступу угорського війська на Галич – столицю Галицько-Волинського князівства. У Добромільському літописі є повідомлення про повінь 1649 р., у 1656 р. зафіксовано повінь на річці Стрий. Про велику повінь на Підкарпатті в 1700 р. є звітка в літописі із Самбора, в якому констатовано: «Вилив Дністра був такий, що багато людей і худоби потонуло»³. У літописі із Солотвини (повіт Богородчани) згадано про велику повінь у 1730 р., а в літописі з Помор'я (повіт Зборів) – про повінь у 1733 р. У Бескидах у басейні Сяну великі повені були відзначені у 1735 та 1744 рр. Небезпечна повінь у басейні Дністра в 1927 р. завдала чимало лиха селам Галичини й Буковини [18]. Отже, аналіз історичних матеріалів свідчить, що в минуло-

³ А.С. Петрушевич. Сводная Галицко-русская летопись с 1700 до конца августа 1772 года.

му, попри високу лісистість, за несприятливих гідрометеорологічних умов небезпечні повені в Карпатах повторювалися приблизно один раз на 50 років.

Небезпечні повені періодично траплялися також у Закарпатті в басейні Тиси та її приток. Під час повені 10–11 липня 1913 р. була залита велика територія в селах, розташованих на правобережній терасі Тиси (теперішній Тячівський район). У м. Тячів рівень води сягав висоти 120 см. Його було позначено на пам'ятнику Лайошу Кошуту, встановленому в центрі міста. Угорський уряд розпорядився тоді побудувати на правобережжі Тиси захисну дамбу довжиною кілька кілометрів, яка збереглася донині. Значних матеріальних втрат завдала повінь влітку 1931 р. в селах на правобережжі Тиси. Угорське село Уйлок (нинішня назва — Вилок) було повністю залите, а житлові будинки зруйновані. Уряд Чехословаччини виділив тоді кошти для побудови захисної дамби в селах на правобережжі Тиси, в яких була небезпека виникнення повеней. Для охорони та догляду за дамбами було створено державну гідрологічну службу. При державних лісових дирекціях діяли спеціальні відділи збереження водозахисних лісів у басейнах гірських річок.

Після закінчення Другої світової війни для відновлення зруйнованої української економіки було потрібно багато деревини. У Закарпатті в басейнах гірських річок була мережа вузькоколіїних залізниць для її транспортування та кваліфіковані лісоруби. Для ведення лісового господарства та експлуатації деревини в Карпатах було створено ліспромгоспи. У Закарпатті залишалися кваліфіковані інженери лісового господарства, які закінчили спеціалізовані інститути в Чехословаччині й Угорщині, але вони не могли очолювати ліспромгоспи, оскільки були позапартійними. На посади призначали фахівців зі східних областей України, які не були знайомі зі специфікою гірського лісівництва. Незважаючи на важливе водорегулятивне значення гірських лісів, почалося широкомасштабне їх вирубування. Протягом 17 років експлуатація деревини перевищувала

річну розрахункову норму (табл. 1). Вчені неодноразово виступали на захист карпатських лісів, але в умовах тоталітарного радянського режиму їхні намагання були марними.

Як свідчать дані Закарпатського управління лісового господарства, в гірських лісах упродовж 17 післявоєнних років вирубували півтори й більше річних розрахункових лісосік. Подібна ситуація була і в інших областях, території яких належать до карпатського екорегіону. Слід зазначити, що створені на лісосіках лісові культури лише з 30–40-річного віку починають виконувати властиву їм гідрологічну роль. На місці букових лісів створювали монокультури ялини як швидкорослої породи. Оскільки вона має поверхневу кореневу систему, її водорегулятивна роль значно менша, ніж у бука. Поруч з природними причинами повеней на гірських річках екологічно необґрунтоване ведення лісового господарства стало також істотним фактором порушення гідрологічної ролі карпатських річок та виникнення повеней.

За даними Українського гідрометеорологічного інституту, а в останні роки за нашими даними, у басейнах гірських річок Карпат небезпечні повені різної інтенсивності траплялися в 1947, 1948, 1955, 1964, 1969, 1970, 1974,

Таблиця 1. Розрахункова та дійсна лісосіка в лісах Закарпаття у післявоєнні роки за даними Закарпатського обласного управління лісового господарства

Роки	Розрахункова лісосіка, тис. м ³ ліквіду	Фактичний відпуск, тис. м ³ ліквіду	Використання розрахункової лісосіки, %
1946	1361,3	916,2	67,2
1949	1756,1	2641,6	150,4
1955	1846,2	3410,6	184,7
1956	1604,2	3103,3	193,4
1957	1604,0	2633,2	164,1
1958	1619,8	2825,3	174,4
1959	1619,8	2833,2	174,9
1960	1690,8	2241,0	132,5
1965	927,0	926,0	99,9
1966	855,0	1120,0	131,0
1968	687,0	644,0	93,7
1970	765,0	762,0	99,6



Рис. 8. Повінь на річці Дністер, м. Галич. 2020 р.

1977, 1980, 1982, 1989, 1993, 1997, 1998, 2001, 2008 рр. [19, 20]. Невеликі локальні повені спостерігалися в 2010–2019 рр. на річці Боржаві в Закарпатті та в гірській частині басейну Дністра на Львівщині. У середньому повені повторювалися з періодичністю один раз на п'ять років.

У третій декаді червня 2020 р. у басейнах Дністра, Черемошу, Прута, Тиси за кілька днів випала місячна норма атмосферних опадів, що призвело до повеней на великій території Івано-Франківської, Чернівецької, Закарпатської областей. Від повені постраждали міста Галич, Калуш, Рожнятів, Надвірна, Косів (рис. 8). У 262 населених пунктах було затоплено 7700 будинків та понад 12 400 присадибних ділянок, зруйновано більш як 150 км шосейних доріг, пошкоджено 57 мостів, знищено 4146 м берегових укріплень. Водна стихія забрала життя 4 осіб. Значної матеріальної шкоди завдала повінь у басейні Прута в Чернівецькій області. Матеріальні збитки від повеней оцінюють у десятки мільярдів гривень.

За масштабами й матеріальними збитками ця повінь була подібною до катастрофічних повеней у Карпатах у 1948 та 2008 рр. Місця, де сталася повінь, відвідали прем'єр-міністр та

міністр внутрішніх справ, які висловили співчуття постраждалим родинам та пообіцяли допомогу в ліквідації наслідків лиха.

Порівняльні екологічні дослідження дають підставу стверджувати, що за останнє століття виникнення повеней було зумовлене не лише несприятливою гідрометеорологічною ситуацією в окремі роки, а й широкомасштабним знелісненням гірських схилів. Через недотримання екологічних вимог при плануванні обсягу лісочористування й розміру площі лісосік було порушено нормальну вікову структуру лісів. На сьогодні в державному лісовому фонді в загальній площі лісів на молоді деревостани припадає 31%, середньовікові — 45%, пристигаючі — 13%, стиглі та перестиглі — 11%. Аналогічна вікова структура спостерігається і в інших власників лісів. Водорегулятивна роль молодих лісових культур незначна. Тому порушення вікової структури в лісах негативно позначається на їх водорегулятивному і ґрунтозахисному значенні.

Щоб забезпечити невиснажливе лісочористування та постійність водорегулятивної ролі лісових екосистем, потрібно, щоб у водозбірному басейні кожна вікова категорія лісів становила 25% його площі. У такому разі можна

забезпечити рівномірний обсяг експлуатації деревини і зберегти стабільність гідрологічно-го режиму гірських річок.

У Закарпатті найбільшою є небезпека повеней в гумідному регіоні у верхів'ї басейну Тиси. Він займає 8% загальної площі водного басейну, але зосереджує в собі 30% запасу водних ресурсів річки. Тому лісові масиви в басейні Тиси мають вагоме водорегулятивне та водозахисне значення. Річка Тиса протікає через територію України, Румунії, Угорщини. Отже, проблеми збереження лісів у її басейні, підтримання екологічного балансу в ньому та обґрунтування протиповеневих заходів потрібно розглядати на міждержавному рівні.

Дослідження повеней у Карпатах дають підстави стверджувати, що вони виникають унаслідок впливу як природних, так і антропогенних факторів. Серед природних факторів найважливіші — несприятлива метеорологічна ситуація, коли атмосферні опади протягом кількох діб перевищують місячну норму; наявність на полонинах (їх площа понад 20 тис. га) малопотужних щербенистих буроземних ґрунтів, водозатримна здатність яких незначна; складна орографічна будова гірської системи і наявність крутих схилів, з яких швидко стікають атмосферні опади. На ці природні причини виникнення повеней впливати неможливо, але їх потрібно брати до уваги при обґрунтуванні таких методів лісівництва, які б сприяли зменшенню екологічного ризику під час повеней.

Серед антропогенних причин виникнення повеней основними є зменшення лісистості в басейнах гірських річок у гумідній кліматичній зоні; зміна вікової структури природних лісів та переважання молодих деревостанів, водозахисна і водорегулятивна роль яких значно менша, ніж пристигаючих і стиглих; зниження верхньої межі захисних приполонинних лісів, здатних затримувати поверхневий стік води із субальпійських лук; трансформація природних букових лісів у ялинові монокультури. Бучини, завдяки розгалуженій кореневій системі серцеподібного типу та водопроникності лісових ґрунтів, виконують водозахисні функції краще, ніж монодомінантні ялинові дерево-

стани з поверхневою кореневою системою та ґрунтами зі слабою водопроникною здатністю.

Карпати розташовані в зоні гумідного клімату, тому гірське лісівництво потрібно вести з урахуванням екологічної специфіки басейнів гірських річок. На підставі багаторічних досліджень на лісогідрологічних стаціонарах у букових лісах Закарпаття та ялинових лісах Івано-Франківщини О.В. Чубатий [21, 22] і В.С. Олійник [23] встановили, що в басейнах річок, у яких трапляються небезпечні повені, оптимальна лісистість має становити 60–65%. Екологічні засади гірського лісівництва полягають у тому, щоб забезпечити таку лісистість у водозбірних басейнах, у яких бувають повені.

У гумідних районах Карпат басейн гірської річки — складна гідрологічна система, яка включає притоки першого й другого порядків. Залежно від геоморфологічної будови, ландшафтної структури місцевості й кількості опадів у басейнах річок можна виокремити три функціонально пов'язані зони: найбільшу за площею *гірську водоаккумулятивну зону*, в якій акумулюються водні ресурси річки та її приток. До неї прилягає менша за розмірами *гірська транзитна зона*, в якій буває небезпечна берегова ерозія.

Територіально найбільша *рівнинна заплава зона*, де є небезпека затоплення прилеглих ландшафтів акумульованими водними ресурсами у водозбірній зоні. Із зоною акумуляції водних ресурсів, яка розташована у верхів'ї басейну річки, пов'язані головні причини виникнення повеней. Тут випадає велика кількість опадів, є сформована розгалужена гідромережа, переважають стрімкі схили з малопотужними щербенистими ґрунтами, з яких швидко стікає надмірна кількість опадів. У цій зоні лісові екосистеми мають найвагоміше водозахисне та водорегулятивне значення. На жаль, у ній приділяють недостатню увагу збереженню лісів, проводили й проводять суцільні вирубування, що позначається на екологічному балансі двох наступних зон.

У минулому як у транзитній, так і в заплавної зонах на терасах річок лісові фітоценози трансформували в сільськогосподарські угід-

дя, знищували захисні прибережні ліси. Тому екологічні наслідки знеліснення у вигляді повеней найвиразніше проявляються у транзитній та заплавної рівнинній зонах. У цих зонах укріплюють береги річок кашицями, на річках підвищують старі й будують нові водозахисні дамби. Отже, відбувається боротьба не з причинами повеней у гірській зоні акумуляції водних ресурсів, а з їх наслідками у транзитній та заплавної зонах. Тому необхідно змінити екологічну стратегію й практичні методи боротьби з повенями. У басейнах гірських річок головну увагу слід приділяти збереженню водозахисних лісів у водоакумулятивній зоні. У ній потрібно формувати букові та буково-ялицеві ліси, проводити не суцільне, а вибіркоче вирубування лісу, зберігати високу лісистість.

Небезпека повеней на гірських річках залежить також від гідрометеорологічної ситуації та кількості опадів. Залежно від кількості опадів у Карпатах можна виділити три кліматичні зони — *евгумідну, гумідну, семігумідну*, в кожній з яких потрібно диференційовано вести лісове господарство. До евгумідної зони, щорічна норма опадів у якій сягає 1400–1600 мм (метеостанції Руська Мокра, Пожижевська), належать верхів'я Горган, Чорногірського й Свидовецького гірських масивів, масиву Попа Івана Мармароського. Щоб забезпечити нормальний гідрологічний режим у гірських річках, лісистість у цій зоні має бути в межах 60–65 %.

До гумідної зони з нормою опадів 1000–1400 мм належать гірські масиви у верхів'ях басейнів Тиси, Прута, Дністра. Бажано, щоб лісистість цієї зони була в межах 50–60 %.

Найбільша територія Карпат розташована в межах висот 300–700 м н.р.м. в семігумідній кліматичній зоні з річною кількістю опадів 800–1000 мм. Лісистість у цій зоні становить 20–30 %. Щоб поліпшити в ній водорегулятивну роль гірських річок, потрібно збільшувати лісистість.

Екорегіон Карпат, з огляду на складну орографічну будову, значну кількість атмосферних опадів, наявність малопотужних лісових ґрунтів, має гірську екологічну специфіку.

Тому лісове господарство тут слід вести з урахуванням екологічної специфіки водозбірних басейнів. Залежно від кліматичних умов для кожного з них потрібно розраховувати екологічно обґрунтований обсяг річного лісосічного фонду і застосовувати відповідні способи вирубування. Тобто необхідно вести диференційоване, невиснажливе лісокористування, щоб забезпечити постійність виконання лісовими екосистемами водорегулювальної ролі.

Після небезпечної листопадової повені в 1998 р. Кабінет Міністрів затвердив у 1999 р. Програму протиповодкових заходів у Закарпатській області на 1999–2000 рр., на виконання якої було заплановано виділити з держбюджету 7,4 млн грн. Програмою було передбачено побудувати в 1999–2000 рр. у найнебезпечніших щодо повеней населених пунктах 102 км захисних дамб і провести на 39 км берегоукріплення. Для реалізації цієї програми матеріальну допомогу надали уряди Швейцарії й Угорщини. На жаль, програму протиповодкових заходів було виконано лише частково.

Оскільки значна частина Карпат розташована в евгумідній та гумідній кліматичних зонах, небезпека повеней зберігатиметься й надалі. Внаслідок потепління клімату на полонинах Карпат весною відбуватиметься прискорене танення снігових мас та швидке стікання води з субальпійського та альпійського поясів, що може спричинити порушення гідрологічного режиму гірських річок. На підставі багаторічних досліджень на лісогідрологічних стаціонарах встановлено, що на залісненій території, порівняно з безлісною, удвічі підвищується регулятивність стоку річок та в 4 рази зменшується згубний максимальний стік [21, 22]. Для поліпшення екологічного стану в гірських районах і запобігання повеням потрібно застосувати систему протиповеневих лісогосподарських, гідротехнічних, сільськогосподарських, організаційних, еколого-освітніх заходів.

Лісогосподарські заходи. Регулювання річкового стоку значною мірою залежить від лісових формацій та їх водозахисної і водорегулятивної здатності. У формації букових та ялицево-букових лісів така здатність набагато

виразніша, ніж у ялинових. У них сформована розгалужена й глибока коренева система, утворюється пухка підстилка, що сприяє трансформації поверхневого стоку опадів у внутрішньогрунтові. У ялинових деревостанах коренева система поверхнева, щільна хвойна підстилка розкладається повільно, що гальмує процес трансформації поверхневого стоку у ґрунтовий. О.В. Чубатий у Свалявському лісогідрологічному стаціонарі встановив, що в букових лісах при площі вирубок у річковому басейні до 30–35 % зміни стоку невеликі [21].

Гідротехнічні заходи. Серед цих заходів вагоме значення для регулювання стоку в гірських річках та запобігання повеням мають штучні водоймища. В Австрійських Альпах функціонує 70 таких водоймищ, у Польських Карпатах — 43, у Чеських і Словацьких Карпатах — 10. Після небезпечної повені 2001 р. в Закарпатті Державний комітет водного господарства України обґрунтував комплексну програму протиповеневих заходів, якою було передбачено будівництво мережі протиповеневих водоймищ на головних притоках Тиси — Тересві, Терєблі, Ріці. На жаль, через брак фінансових ресурсів вона не була реалізована.

Сільськогосподарські заходи. У результаті нерегульованого випасу худоби на терасах гірських річок виникли деградовані луки й пасовища, а на крутих схилах — еродовані ґрунти. Водопроникність у цих трансформованих угіддях у кілька разів менша, ніж у природних лісових. Тому бажано провести меліорацію вторинних лук і пасовищ, а еродовані землі заліснити.

Організаційні заходи. Деякі гірські населені пункти можуть опинитися у небезпечній зоні щодо повеней. У минулому ділянки для будівництва житла у цих селах підбирали без огляду на можливу небезпеку від стихійних процесів. Тому потрібно підготувати довгострокову екологічну програму перспективного соціально-економічного розвитку гірських сіл з урахуванням можливих загроз від різних стихійних лих. До речі, такі програми розроблено для гірських сіл у Польських і Словацьких Карпатах.

У Карпатах найгустіша в Україні гідромережа — 1,7 км на 1 км². Вона охоплює 9426 малих річок і потоків завдовжки 19 793 км. У Дністрі, довжина якого 1360 км, є 386 приток різної величини. Від гідрологічного режиму малих річок залежить нормальний гідрологічний режим великих водних артерій. Тому слід приділити належну увагу екологічному впорядкуванню малих річок.

Сьогодні русла великих рік — Тиси, Дністра, Прута перебувають у віданні управлінь водного господарства обласних державних адміністрацій, які опікуються їх екологічним станом та збереженням. Малі річки не мають господарів, які б відповідали за забезпечення їх належного екологічного стану та виконання водорегулятивних функцій. Більшість таких річок розташовані на землях держлісфонду. Тому потрібно, щоб державні лісгоспи дбали про збереження та виконання водорегулятивних функцій розташованих на їх території малих річок і потоків.

Еколого-освітні заходи. Лісівництво, рільництво, тваринництво в гумідному Карпатському екорегіоні має власну, відмінну від рівнинних умов гірську специфіку, яку не завжди враховують. Потрібно приділити належну увагу підвищенню рівня екологічних знань населення щодо вразливості гірських ландшафтів у разі порушення їх збалансованого стану.

Небезпека повеней в Карпатах залишатиметься й надалі важливою природоохоронною, економічною, соціальною проблемою. Наслідки повеней проявлятимуться і на територіях, що межують із зарубіжними країнами. Тому в програмі соціально-економічного розвитку Карпатського екорегіону потрібно приділити належну увагу обґрунтуванню збільшення лісистості та подоланню небезпеки повеней на гірських річках.

Збереження родючості ґрунтів та захисних лісових смуг. Ґрунти — незамінний природний ресурс біосфери, який формується впродовж тисячоліть завдяки біохімічній взаємодії живих організмів з літосферою. Найважливіші причини зниження їх родючості — знищення природної рослинності,

пасовищна дигресія, вітрова та водна ерозія. У сучасну добу небезпечним для родючості ґрунтів є техногенний вплив — випадання кислих дощів і забруднення ґрунту важкими металами. Внаслідок глобального потепління клімату є небезпека збільшення посушливих територій на планеті, на яких ґрунтотвірний процес гальмується. Американський археолог Б. Фейген констатує, що посуха охопила нині 3% території суходолу Землі [24]. Якщо потепління клімату продовжуватиметься, цей показник може піднятися до 30%. Небезпека впливу потепління клімату на рослинний покрив і ґрунти зростає у степовій зоні України, де періодично трапляються посухи і відбувається вітрова ерозія ґрунтів.

У Національній доповіді про стан навколишнього середовища в Україні 2015 року зазначено, що нині частка еродованих земель становить 57,4%, з них 32% зазнають впливу вітрової ерозії, 22% — водної, а 3,4% — водної і вітрової ерозії. Понад 290 тис. га займають яри, в яких спостерігається ярова й вітрова ерозія. На 177,7 тис. га піщаних земель відбувається небезпечний процес дефляції. Через ерозійні процеси втрачається гумус — найцінніший компонент ґрунту, який утворювався в педосфері впродовж століть. За останні 35–40 років його вміст у ґрунтах України зменшився на 0,3–0,4%. Унаслідок різних видів ерозії ґрунтів щорічні втрати в землеробстві країни сягають 9 млрд грн [14].

У рівнинній, посушливій степовій зоні найбільшою небезпекою для ґрунтів є суховії. Для зменшення їх негативної дії вагоме значення мають ліси. Внаслідок тривалого антропогенного впливу площа лісових формацій істотно зменшилася. За даними обліку лісового фонду, проведеного УкрНДІЛГА, у 1946 р. в степовій зоні були такі показники лісистості: в Запорізькій області — 1,3%, Кіровоградській — 4,6%, Луганській — 5,2%, Миколаївській — 0,8%, Одеській — 2,4%, Херсонській — 1,6%. Через низьку частку лісистості й широкомасштабне розорювання лук у цих областях постійною небезпекою є різні види ерозії ґрунтів [25].

З метою зменшення екологічної небезпеки суховіїв, призупинення ерозії ґрунтів і збільшення врожайності сільськогосподарських культур у 1950-х роках було прийнято Державну програму створення полезахисних лісових смуг, для чого було залучено колгоспи і лісгоспи. За даними Білоцерківського національного аграрного університету, лісові смуги було створено на площі 442 тис. га, інші захисні лісові насадження — на площі 212 тис. га. На небезпечних ярах на площі 303 тис. га було висаджено культури протиерозійних чагарників. У результаті реалізації цієї програми лісистість у степовій зоні збільшилася на 2,2%, у лісостеповій — на 1,0%, на Поліссі — на 0,44% [26].

Дослідження показали, що ефективність лісових смуг проявляється в різних аспектах. Вони зменшують небезпеку вітрових течій у приземному шарі на відстані, що в 10 разів перевищує їхню висоту, і, таким чином, знижують небезпеку вітрової ерозії. Полезахисні смуги сприяють зменшенню транспірації вологи рослинністю та її випаровування з поверхні ґрунту. В них нагромаджуються снігові маси, під якими ґрунт не замерзає. Навесні у верхніх шарах ґрунту в лісових смугах збільшується вологість. Економісти встановили, що на прилеглих до полезахисних лісосмуг ґрунтах врожайність зернових культур підвищується на 2–3 ц/га.

Агрономи оцінюють сприятливий для зернових культур екологічний стан агроландшафтів у степовій зоні за оптимальним територіальним співвідношенням орних земель, природних кормових угідь, лісових насаджень. Вчені Білоцерківського національного аграрного університету виявили, що в степовій зоні України оптимальне територіальне співвідношення цих екологічних показників має бути таким: 1,0 — орні землі; 1,6 — кормові угіддя; 3,6 — лісові екосистеми [26]. Сьогодні це співвідношення становить: 1,0/0,23/0,3 відповідно, що свідчить про вкрай незадовільний екологічний стан агроландшафтів у степовій зоні України. Збереження лісосмуг та розширення їх мережі сприятиме оптимізації екологічного стану в посушливих степових ландшафтах та

підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Завдяки збільшенню лісистості збагачуватиметься також видове різноманіття популяцій степової флори й фауни.

Після проголошення в 1991 р. незалежності України колгоспи, як економічно нежиттєздатні структури, спонтанно розпалися і відбулася приватизація земельного фонду. На жаль, юридичний статус власності полезахисних лісових смуг, які належали колгоспам, і порядок догляду за ними залишилися невизначеними. Частину лісосмуг було передано місцевим сільрадам, а переважна більшість залишилися без власника, який відповідав би за їх стан та охорону. У степовій та лісостеповій зонах з малою лісистістю у лісосмугах трапляються випадки самовільних вирубок, що негативно позначається на їх екологічному стані та захисному призначенні.

За даними професора Білоцерківського національного аграрного університету А.П. Стадника, загальна площа створених захисних лісів становить 974 тис. га, а лісистість на теренах України збільшилася на 3,6%.[26]. У зв'язку з наявною тенденцією потепління клімату екологічне значення мережі лісосмуг полягає також в акумуляції вуглецю і, відповідно, зменшенні викиду в атмосферу CO₂. Враховуючи багатогранне значення лісових смуг, потрібно на державному рівні вирішити проблему їх збереження та права власності на них. Найбільш доцільно передати їх Державному агентству лісових ресурсів України.

Земельні ресурси України — загальнонаціональне природне багатство, яке належить не лише нашому поколінню, а й наступним генераціям. Для збереження та оптимізації їх використання затверджено Земельний кодекс України, в якому обґрунтовано законодавчі, агротехнічні, організаційні заходи раціонального використання земельних ресурсів і поліпшення родючості ґрунтів. Завдяки наявності чорноземних та інших типів родючих ґрунтів рільництво має вагоме значення для національної економіки. Незалежна Україна повернула собі колишню славу «європейської житниці». Потрібно сприяти розвитку сіль-

ськогосподарської інфраструктури і збереженню земельного фонду, щоб забезпечити такий її статус і в майбутньому.

Збереження ресурсів прісних вод. Гідросфера, найбільша за обсягом підсистема біосфери, має важливе значення для збереження її екологічно збалансованого стану та регулювання кліматичного режиму на планеті. Від водних ресурсів залежить сільське й лісове господарство, тваринництво, промисловість. У сучасному техногенному віці, коли кількість населення на планеті сягнула понад 7 млрд осіб і, відповідно, збільшився індустріально-промисловий потенціал, відбувається інтенсивне використання водних ресурсів. Тому їх збереження — важлива економічна, екологічна та соціальна проблема. У табл. 2 наведено обсяги світових запасів водних ресурсів, їх категорії та розподіл на земній кулі.

Із загального запасу водних ресурсів 96,5% припадає на Світовий океан. Мінералізація води в океані становить 35 г/л, тому вона придатна для вживання тільки після опріснення. Кількість прісної води на Землі — лише 2,53% від загальних запасів води в гідросфері. Величезні запаси прісної води є в Арктиці, Антарктиді, Гренландії, але вони поки що недоступні для використання за їх межами. У водному балансі прісної води на Землі вагоме значення мають підземні артезіанські води (гравітаційні та капілярні), обсяг яких становить 23 400 тис. км³, або 1,7% від загальних запасів води. Підземні води розташовані на різних глибинах на площі 134 800 тис. км² і використовуються з прадавніх часів. В Україні басейни прісних вод відомі в Донецькій, Дніпропетровській, Закарпатській областях. У Притисянській низовині на Закарпатті басейни термальних підземних вод використовують для санаторного лікування.

Прісні води поширені на Землі нерівномірно. Найбільша їх частина міститься в озерах (0,26%) та природних болотах (0,03%). Запаси прісних вод у руслах річок значно менші (0,006%). У кругообігу прісних вод вагоме значення мають лісові формації. Стигли букові та ялинові ліси в Карпатах переводять з поверх-

невого стоку у внутрішньогрунтовий до 50% атмосферних опадів. Завдяки транспірації великі запаси вологи переносяться з Карпат на прилеглу місцевість, що позитивно впливає на врожайність сільськогосподарських культур.

У балансі прісної води істотне значення мають болота. Як стабільні природні водні резервуари, вони забезпечують водою прилеглі річки, підтримуючи в них нормальний гідрологічний режим. Таке значення боліт у минулому недооцінювалося. В Україні в радянський період було проведено меліорацію боліт на Поліссі, що згодом негативно позначилося на гідрологічному режимі водних артерій, які беруть тут початок. Болотні екосистеми завдяки значним запасам торфу є депонентами вуглецю, зменшують надходження в атмосферу парникового вуглекислого газу, а отже, знижують небезпеку глобального потепління клімату. Для прісної води небезпечною є евтрофікація

середовища внаслідок змивання добрив з прилеглих сільськогосподарських угідь, забруднення відходами з тваринницьких ферм, хімічного забруднення з промислових підприємств. Слід застосовувати відповідні профілактичні заходи проти цих видів забруднення.

У сучасному техногенному віці у зв'язку з інтенсивним розвитком індустріального потенціалу, активним приростом населення, процесом урбанізації проблема прісної води гостро постала в більшості країн світу. На санітарні потреби однієї людини на рік потрібно в середньому 300 т води, але ця норма може коліватися залежно від життєвого рівня.

Дефіцит прісної води — важлива економічна і соціальна проблема для України. Показник забезпеченості водними ресурсами в країні у 7 разів менший від середньосвітового. Значна частина її території розташована в степовій природно-географічній зоні з характерним для

Таблиця 2. Світові запаси прісних та солоних вод (за даними Міжвідомчого комітету УРСР для здійснення Міжнародної гідрологічної програми)

Різні види водних ресурсів на земній кулі	Площа поширення, тис. км ²	Обсяг, тис. км ³	Частка запасів світових ресурсів, %	
			від загальних запасів води	від запасів прісних вод
Світовий океан	361 300	1 338 000	96,5	—
Підземні води (гравітаційні та капілярні)	134 800	23 400	1,7	—
Переважно прісні підземні води	134 800	10 530	0,76	30,1
Грунтова волога	82 000	16,5	0,001	0,05
Льодовики і постійний сніговий покрив:	16 227,5	24064,1	1,74	68,7
Антарктида	13 980	21 600	1,56	61,7
Гренландія	1 802,4	2 340	0,17	6,68
острови Арктики	226,1	83,5	0,006	0,24
високогірні регіони	224	40,6	0,003	0,12
Підземні води в зоні тривало замерзлих порід	21 000	300	0,022	0,86
Води озер	2 058,7	176,4	0,013	—
в т.ч. у прісних озерах	1 236,4	91	0,007	0,26
у солоних озерах	822,3	85,4	0,006	—
Води болотних екосистем	2 682,6	11,47	0,0008	0,03
Вода в руслах річок	148 800	2,12	0,0002	0,006
Біологічна вода (у живих організмах)	510 000	1,12	0,0001	0,003
Вода в атмосфері	510 000	12,9	0,001	0,04
Загальні запаси води	510 000	1 385 984,61	100	—
в т.ч. прісна вода	148 800	35 029,21	2,53	100

неї сухим кліматом і вододефіцитним режимом. У Причорномор'ї та Приазов'ї середня річна кількість опадів становить 300 мм. У південних областях жителі 1270 сіл і селищ (приблизно 950 тис. осіб) користуються привозною водою. Понад 90% міст та 22% сіл забезпечені централізованим водопостачанням. Україна належить до найменш водозабезпечених країн Європи. Запаси місцевих ресурсів річкового стоку на одну людину становлять 1,0 тис. м³ на рік [14]. Для порівняння: у Великій Британії цей показник становить 2,7, у Франції — 4,6 тис. м³.

Водні ресурси в Україні розміщені нерівномірно. Найгустішою є гідромережа в гумідному регіоні Карпат. На Пожижевській метеостанції в Чорногорі середньорічна кількість опадів становить 1500 мм, а на метеостанції Руська Мокра в Горганському масиві в Закарпатті — 1600 мм. В Карпатському екорегіоні є 9426 малих річок загальною довжиною 19 793 км. Шість карпатських річок — Тиса, Латориця, Уж, Сян, Дністер, Прут — транскордонні. Тому збереження в них нормального гідрологічного режиму є проблемою міждержавного рівня.

У Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні наведено інформацію про сучасний стан поверхневих та підземних водних ресурсів [14]. Територія з поверхневими водами займає площу 24,1 тис. км² (4% території України). До них належать річки, озера, водосховища, болота. Найважливіше значення у водному балансі мають річки. У країні налічується 63 118 річок різної величини, але лише 8 водних артерій мають площу водозбору понад 50 тис. км² — Дніпро, Дунай, Дністер, Тиса, Західний Буг, Південний Буг, Сіверський Донець, Прип'ять. Найбільшу площу водозбору має Дніпро — 504 тис. км². Українська частина водозбору становить 292,7 тис. км², решта припадає на Білорусь та Росію. Із загальної території водозбору Дністра (72,1 тис. км²) українська частина становить 52,7 тис. км², а Тиси — 12,8 тис. км². У басейнах цих важливих для збереження водних ресурсів річок слід приділити належну увагу

збереженню лісів та збільшенню лісистості як важливого водорегулятивного фактора.

Поряд з водними ресурсами річок велике економічне значення мають води у природних та штучних водосховищах. Для забезпечення господарської діяльності водою на річках збудовано 1103 водосховища загальним об'ємом води 55 км³. До найбільших належать водосховища Дніпровського каскаду, а також Дністровське об'ємом 3,0 млрд м³, Печенізьке на річці Сіверський Донець об'ємом 384 млн м³, Карачунське на річці Інгулець об'ємом 308,5 млн м³. Ці водосховища мають комплексне призначення і використовуються для водопостачання населених пунктів, сільського господарства, промислових підприємств. Запас води з підземних джерел, за даними Державного агентства водних ресурсів України, становить 1286 млн м³.

Певна частина поверхневих вод України формується у басейнах малих річок. Їх захист від висихання та забруднення дає змогу частково вирішити проблему водних ресурсів. Забезпечення населення питною водою майже на 80% здійснюється з поверхневих водних джерел. Діє Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», спрямований на реалізацію державної політики щодо забезпечення населення якісною питною водою. У зв'язку з нинішньою тенденцією глобального потепління клімату можуть відбутися зміни в гідрологічному режимі малих річок. Для його нормалізації вагоме значення мають лісові формації. Тому з огляду на стратегічні завдання розвитку державного лісового фонду слід розглядати ліси не лише в економічному контексті як продуцент деревини, а й у контексті екологічному як важливий фактор нормалізації гідрологічного режиму водних артерій та збереження їх водних ресурсів.

Науково-технічний прогрес у ХХ ст. та формування техносфери. В історичному розвитку суспільства ХХ ст. було знаменним, про це свідчить небувалий раніше приріст населення на планеті, нові науково-технічні досягнення, які сприяли економічному розвитку. У 1921 р. фізик Альберт Ейнштейн став нобе-

лівським лауреатом за обґрунтування теорії відносності, яка об'єднує час, простір, масу матерії і передбачає можливість трансформації маси в енергію. Його теорія була базовою для використання енергії атома та побудови атомних електростанцій, які сприяли економічному розвитку в багатьох країнах світу. Важливим технічним досягненням було спорудження у 1914 р. Панамського каналу довжиною 81,6 км і шириною 150 м, який сполучив Атлантичний і Тихий океани. Канал споруджували 10 років, а на початку ХХІ ст. його розширення здійснили за один рік, що свідчить про високі технічні можливості сучасного техногенного суспільства.

У 1943 р. молекулярний біолог Освальд Ейвері встановив, що дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) є основою генетичного матеріалу хромосом. Спираючись на ці дослідження, американські генетики Джеймс Вотсон і Френсіс Крік у 1953 р. обґрунтували подвійно-спіральної будову молекули ДНК, що мало вагомий значення для подальшого розвитку генетики. Наукові відкриття в молекулярній генетиці сприяли розвитку біотехнології, завдяки якій тепер одержують генетично модифіковані організми (ГМО). Їх культивування має важливе значення для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і тварин та подолання продовольчої кризи у світі.

Друга половина ХХ ст. ознаменована розвитком космонавтики і досліджень навколоземного космічного простору. Російський космонавт Юрій Гагарін у 1961 р. на космічному кораблі «Восток-1» вперше облетів земну кулю. Американські астронавти Ніл Армстронг, Баз Олдрін, Майкл Колінз у 1969 р. вперше ступили на поверхню Місяця, що було справжнім тріумфом людського розуму і технічного прогресу. На космічних знімках поверхні Землі було видно величезні антропогенні/техногенні зміни, які становлять загрозу для біосфери. Дослідження космічного простору успішно продовжуються. У ХХІ ст. почалося вивчення найближчої до Землі планети — Марсу, яке може дати нову інформацію про будову Всесвіту.

Поруч з величезними досягненнями в галузі біологічних, технічних, суспільних наук, які сприяли економічному, соціальному, культурному прогресу, ХХ ст. ознаменувалося і трагічними для глобальної спільноти подіями, про які варто згадати, щоб зробити відповідний висновок. У тоталітарному Радянському Союзі в 1932–1933 рр. було організовано голодомор/геноцид українського народу, під час якого загинуло близько 7 млн осіб. Після розпаду СРСР і з'ясування причин геноциду світова спільнота засудила ці антигуманні дії радянського керівництва. Російський письменник, лауреат Нобелівської премії Олександр Солженіцин у книзі «Архіпелаг ГУЛАГ» показав величезні людські втрати в сибірських таборах СРСР. Наприкінці Першої світової війни Османська імперія організувала геноцид проти вірменського народу, жертвами якого були понад 1,5 млн осіб. Під час Другої світової війни у нацистській гітлерівській імперії в «таборах смерті» було знищено понад 5 млн євреїв та громадян інших національностей. Геноцид відбувався і в тоталітарних країнах Азії. Під час окупації Японією частини китайської території загинули більш як 2 млн осіб. Жертвами режиму Пол Пота в Камбоджі стали понад 1,5 млн громадян.

За даними воєнних істориків, під час Першої світової війни загинули більш як 10 млн осіб, а в Другій світовій війні — понад 50 млн. Отже, у ХХ ст. на фронтах двох світових війн, від геноциду та в концентраційних таборах загинуло близько 100 млн осіб. Варто задуматися, чому ХХ ст. виявилось настільки парадоксальним і суперечливим у новітній історії розвитку людства.

Кожна людина з властивим їй генотипом, фенотипом, інтелектуальним потенціалом — неповторна особистість. Тому її смерть — це втрата для всього людства. Систематик органічного світу Карл Лінней дав людині вдалу назву *Homo sapiens*. Тож людина, як розумна істота, повинна дати відповідну оцінку трагічним подіям ХХ ст., зробити належні висновки і подбати, щоб вони не повторилися у майбутньому.

Слід зазначити, що ХХ ст. було знаменним і в політичному розвитку. Після Першої світової війни розпалися могутні Османська та Австро-Угорська імперії. Від Російської імперії відокремилися Фінляндія і три прибалтійські країни. Після Другої світової війни в результаті закономірного історичного процесу Велика Британія та інші європейські держави втратили свої колонії. Наприкінці ХХ ст. спонтанно розпався Радянський Союз. Нині членами Організації Об'єднаних Націй є 193 незалежні держави.

Є підстави вважати, що ХХ ст. виявилось знаменним також у розвитку цивілізації. Про це свідчать дослідження французького вченого Ж.П. Рібо, які стосуються демографічного процесу, технічного прогресу, економічних досягнень людства [28]. У 1972 р. на нашій планеті проживало 3,84 млрд осіб; у 15 економічно розвинених країнах було споруджено 110 ядерних реакторів; існувало єдине місто з понад 10 млн мешканців; у користуванні населення перебувало 200 млн автомобілів. Наприкінці ХХ ст. населення світу зросло до 7 млрд осіб; у 31 країні було збудовано 428 нових ядерних реакторів, виникло 13 агломерацій з населенням понад 10 млн осіб, кількість автомобілів збільшилася до 480 млн. У багатьох сферах виробничої діяльності працю людини почали замінювати автомати та робототехніка.

Враховуючи згадані технічні й економічні досягнення, можна стверджувати, що в історії розвитку глобального соціуму, після тривалого *залізного віку*, настав новий, *техногенний вік*. Під його впливом у біосфері формується новий феномен – *техносфера*.

Згідно з прогнозом ВООЗ, кількість населення на планеті у ХХІ ст. і надалі зростатиме. Отже, збільшуватиметься використання запасів відновних і невідновних ресурсів біосфери, посилюватиметься техногенний вплив на її складові компоненти. Щоб у техногенному віці забезпечити сталий соціально-економічний і культурний розвиток суспільства, раціональ-

но використовувати та відновлювати природні ресурси, потрібно вибудовувати екологічно обґрунтовані взаємовідносини між біосферою, соціосферою й техносферою.

Післямова. ООН провела низку міжнародних наукових форумів, на яких було прийнято програми оптимізації взаємодії суспільства і природи та збереження біосфери. У положенні 25 декларації II Конференції ООН з питань охорони природного середовища й розвитку, яка відбулася 1992 р. у Ріо-де-Жанейро (Саміт Землі), зазначено: «Мир, розвиток і охорона навколишнього середовища взаємозалежні й неподільні». На жаль, у багатьох країнах значну частину національних бюджетів продовжують витрачати на мілітарні потреби. Тому проблему збереження біосфери потрібно вирішувати і в політичному контексті, спрямованому на забезпечення мирного співіснування країн світу.

Незадовільний екологічний стан у країнах світу зумовлений і морально-етичними причинами. Для людини техногенного віку матеріальні цінності є іноді вагомішими, ніж духовні та культурні. До природних ресурсів вона часто ставиться утилітарно, егоїстично, не усвідомлюючи, що на них мають право і майбутні покоління. Тому законодавство, що стосується збереження природних ресурсів, має забезпечити право власності на них і майбутнім генераціям. У незалежній Україні триває процес державотворення. Потрібно, щоб у цьому процесі було приділено належну увагу збереженню і відновленню природних ресурсів як матеріальної основи економічного розвитку.

Завдяки сучасним науковим, технологічним, економічним досягненням суспільство спроможне подолати незворотні наслідки техногенного впливу на природне середовище. Щоб забезпечити прогрес цивілізації, домінантною має бути ідея глобального екологізму, спрямована на підтримання гармонійного співіснування (*modus vivendi*) між біосферою, соціосферою та техносферою.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Suess F. *Die Entstehung der Alpen*. Wien, 1875. S. 168.
2. Vernadsky V.I. *Khimicheskoye stroeniye biosfery i yeye okruzeniya. Biokhimicheskkiye ocherki. (The chemical structure of the biosphere and its surroundings. Biogeochemical essays)*. Moscow: Nauka, 1956.
[Вернадський В.І. *Хімічне строєння біосфери і її оточення. Біогеохімічні очерки*. Москва: Наука, 1965.]
3. Vernadsky V.I. *Razmyshleniya naturalista. Nauchnaya mysl kak planetnoye yavleniye. (Reflections of a naturalist. Scientific thought as a planetary phenomenon)*. Moscow: Nauka, 1977.
[Вернадський В.І. *Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление*. Москва: Наука, 1977.]
4. le Roy E. *L'exigence idéaliste et le fait de l'évolution*. Paris, 1927.
5. Hutchinson G.E. The Biosphere. *Scientific American*. 1970. **223**(3): 44–53. DOI: <https://doi.org/10.2307/24925892>
[Хатчинсон Дж. Біосфера. В кн.: *Біосфера*. Москва: Мир, 1972. С. 9–26.]
6. Ward B., Dubot R. *Only one Earth. The Care and Maintenance of a Small Planet*. Penguin, 1972.
[Уорд Б., Дюбо Р. *Земля тільки одна*. Москва: Прогресс, 1975. 318 с.]
7. Stoyko S.M. Nova haluz nauky – okhrona biosfery ta yui zavdannya v Ukraini. *Visnyk AN URSSR*. 1973. (7): 83–91.
[Стойко С.М. Нова галузь науки – охорона біосфери та її завдання в Україні. *Вісник АН УРСР*. 1973. № 7. С. 83–91.]
8. Stoyko S.M. Prychyny katastrofichnykh pavodkiv v Zakarpatti ta systema ekologichnykh profilaktychnykh zakhodiv yikh poperedzhennya. *Ukrainian Botanical Journal*. 2000. **57**(1): 11–20.
[Стойко С.М. Причини катастрофічних паводків в Закарпатті та система екологічних профілактичних заходів їх попередження. *Український ботанічний журнал*. 2000. Т. 57, № 1. С. 11–20.]
9. Stojko S.M. Konceptualne zasady (Principles) geozozologii – nauki o ochronie biosfery. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*. 2008. (2): 59–70.
10. Stoyko S.M. The biosphere doctrine – scientific basis of its preservation. *Ukrainian Botanical Journal*. 2009. **66**(3): 293–307.
[Стойко С.М. Вчення про біосферу – наукова основа її охорони. *Український ботанічний журнал*. 2009. Т. 66, № 3. С. 293–307.]
11. Climate change 2007. Synthesis report. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf
[Изменение климата 2007. Обобщающий доклад. Доклад Межгосударственной группы экспертов по изменению климата. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_ru.pdf]
12. *Climate of Ukraine*. (Eds. V.M. Lipinskyi, V.D. Dyachuk, V.M. Babichenko). Kyiv, 2003.
[*Клімат України*. За ред. В.М. Ліпінського, В.Д. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 345 с.]
13. Parpan V.I., Stojko S.M., Parpan T.V. Ecological and phytocoenotical characteristics of *Fagetae sylvaticae* of Ukraine and possibility to expand their areas due to global warming. *Ukrainian Botanical Journal*. 2013. **70**(3): 361–369.
[Парпан В.І., Стойко С.М., Парпан Т.В. Екологічна та фітоценологічна характеристика *Fageta sylvaticae* України: можливості розширення їхньої площі в контексті глобального потепління. *Український ботанічний журнал*. 2013. Т. 70, № 3. С. 361–369.]
14. National report on the state of environment in Ukraine in 2015.
[Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. <https://drive.google.com/file/d/0Bx-9OHEvLyD6a1hBVIVkeXhGtlk/view>]
15. Smith F.D.M., May R.M., Pellew R. et al. How much do we know about the current extinction rate? *Trends Ecol. Evol*. 1993. **8**(10): 375–378. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90223-C](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90223-C)
16. Choryk V., Fedoronchuk M. *Flora of Ukrainian Carpathians*. Ternopil, 2015.
[Чопик В.І., Федорончук М.М. *Флора Українських Карпат*. Тернопіль: Тернограф, 2015.]
17. Rubtsov N.I., Kotova M.M., Mikheyev L.V. *Rastitelnost. Resursy poverkhnostnykh vod. (Vegetation. Resources of surface waters)*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966.
[Рубцов Н.И., Котова М.М., Михеев Л.В. *Растительность. Ресурсы поверхностных вод*. Ленинград: Гидрометиздат, 1966. С. 36–50.]
18. Кругуакевич І. Повені на Підкарпатті у XII–XVIII вв. *Visnyk pryrodoznavstva*. 1928. (2): 11–113.
[Крип'якевич І. Повені на Підкарпатті у XII–XVIII вв. *Вісник природознавства*. 1928. № 2. С. 11–113.]
19. Auzenberg M.M. Vydaiushchiesya ravodki na rekakh Karpat v XII–XIII, XVII–XVIII vv. *Trudy UkrNIIGMI*. 1966. **34**: 76–78.

- [Айзенберг М.М. Выдающиеся паводки на реках Карпат в XII–XIII, XVII–XVIII вв. *Труды УкрНИИГМИ*. 1966. Вып. 34. С. 76–78.]
20. Lyutik P.M. Pavodki. In: *Teplovoiy i vodnyi rezhym Ukrainiskikh Karpat*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985. [Лютик П.М. Паводки. В кн.: *Тепловой и водный режим Украинских Карпат*. Ленинград: Гидрометеоздат, 1985. С. 227–263.]
 21. Chubatyi O.V. Vedeniye lesnogo khozyaystva po vodozboram. *Lesovedeniye*. 1981. (1): 3–11. [Чубатий О.В. Ведение лесного хозяйства по водозборам. *Лесоведение*. 1981. № 1. С. 3–11.]
 22. Chubatyi O.V. *Hirski lisy – rehulyatory vodnoho rezhymu. (Mountain forests – regulators of water regime)*. Uzhgorod: Karpaty, 1984. [Чубатий О.В. *Гірські ліси – регулятори водного режиму*. Ужгород: Карпати, 1984.]
 23. Oliynuk V.S. *Hidrolohichna rol lisiv Ukrayinskykh Karpat. (Hydrological role of forests of Ukrainian Carpathians)*. Ivano-Frankivsk: NAIR, 2013. [Олійник В.С. *Гідрологічна роль лісів Українських Карпат*. Івано-Франківськ: НАІР, 2013.]
 24. Fagan B. *The Great Warming: Climate Change and the Rise and Fall of Civilization*. Bloomsbury Press, 2009. [Фейген Б. *Велике потепління. Зміна клімату та піднесення й гибель цивілізації*. Київ: Ніка-Центр, 2013.]
 25. Tkach V.P. Forests and forest cover of Ukraine: the current state and perspectives of development. *Ukrainian Geographical Journal*. 2012. (2): 49–55. [Ткач В.П. Ліси та лісистість в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку. *Український географічний журнал*. 2012. № 2. С. 49–55.]
 26. Stadnyk A.P. Optymizatsiya katehoriy i system zakhysnykh lisovykh nasadzen v ahrolandshaftakh. In: *Osnovni problemy i tendentsiyi podalshoho rozvytku lisovoho hospodarstva v Ukrayinskykh Karpatakh*. Ivano-Frankivsk: NAIR, 2018. [Стадник А.П. Оптимізація категорій і систем захисних лісових насаджень в агроландшафтах. В кн.: *Основні проблеми й тенденції подальшого розвитку лісового господарства в Українських Карпатах*. Івано-Франківськ: НАІР, 2018. С. 318–325.]
 27. *World water balance and water resources of the Earth*. Eds. V.I. Korzoun, A.A. Sokolov, M.I. Budyko. UNESCO, 1978. [*Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли*. Редкол.: В.И. Корзун, А.А. Соколов, М.И. Будыко. Ленинград: Гидрометеоздат, 1974.]
 28. *Ribaut J.P. Réconciliation avec la création*. Text original presente au Forum Oecuménique de Bordeaux, de 5-6 autil 1997, version actualisée au 10 octobre 1998.
 29. Mosyakin S.L. Roslyny Ukrayiny u Svitovomu chervonomu spysku. *Ukrainian Botanical Journal*. 1999. **56**(1): 79–88. [Мосякін С.Л. Рослини України у Світовому червоному списку. *Український ботанічний журнал*. 1999. Т. 56, № 1. С. 79–88.]
 30. Hensiruk S.A. *Lisy Ukrayiny. (The Forests of Ukraine)*. Lviv. 2002. [Генсірук С.А. *Ліси України*. Львів, 2002. 496 с.]

Stepan M. Stoyko

Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

BIOSPHERE AS GLOBAL ECOSYSTEM AND INFLUENCE OF TECHNOSPHERE ON ITS BALANCE

The scientific determination of biosphere as auto-organized, auto-regulated and auto-renewable system with an analysis of its functioning in the modern conditions of technogenous impact is given in the paper. The functional unity of biosphere with its components, such as lithosphere, hydrosphere, pedosphere, atmosphere, organic world is demonstrated. The parameters of biospheric shell are established from 11 km deep in the Pacific to 10 km above the planet surface. Such irreversible ecological changes in the biosphere as climate change, destruction of ozone layer, loss of biotic, ecosystem and landscape diversity are determined as well as its ecological aftermaths. The biospheric soil-protective, economical, ecological, social significance of the forest formations is found out with the need to increase afforestation in Ukraine at the expense of formerly devastated forest lands and degraded shrublands. On the base of an analysis of scientific and technical progress at the 20th century, the conclusion is made that within historical evolution of global socium, after long time of Iron Age, a new technogenous age has come. As a result, such qualitative novel phenomenon as technosphere rose up within biosphere. Taking this into account, the tasks of nature conservation science are substantiated, the most urgent of which is to optimize interrelations between biosphere, technosphere and sociosphere.

Keywords: biosphere, technosphere, technogen age, biodiversity, anthropogen.