**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛІТОСФЕРИ**

До складу літосфери входить суходіл, який займає 29,2 % (148 млн км2) поверхні Землі і включає ґрунти різної категорії та корисні копалини на поверхні й у надрах. Близько 10 % суші займають льодовики (Антарктида, Гренландія та ін.). Сільськогосподарськими угіддями зайнято 33,1 % поверхні Землі, 30,1 — лісами і 36,8 % площі припадає на гори, тундру, болота, пустелі, промислові об'єкти та населені пункти. Загальна площа орних земель становить близько 1,5 млрд га (приблизно 11 % площі суші).

Нині на кожного мешканця планети припадає близько 0,4 га орної землі. Оскільки чисельність населення Землі постійно збільшується, то ця кількість невпинно зменшується. Ґрунти перерозподіляють значну кількість атмосферної вологи і таким чином регулюють водний баланс суші. Вони є біологічним фільтром і нейтралізатором багатьох антропогенних забруднень і здатні до самоочищення. Самоочищення рослин від токсикантів здійснюється як за рахунок їх транспірації з поверхні листя й стебел, так і завдяки щорічному листопаду, що може сприяти вторинному забрудненню грунту в місцях накопичення листя наприкінці періоду вегетації. Встановлено, що перед осіннім листопадом у листі міститься до 10 г сірки на 1 кг сухої маси. Редуценти, переробляючи змертвіле листя, здатні утворювати сірку та її сполуки, що можуть мігрувати за допомогою Ґрунтових вод, і газуватий галогенсульфід, який може знову повертатися в атмосферу.

Забруднення літосфери відбувається як природним шляхом, так і в результаті антропогенної діяльності. Під впливом природних процесів, які відбуваються в Космосі та земній корі і супроводжуються стихійними лихами (падіння метеоритів, землетруси, буревії, повені та ін.), руйнуються природні ландшафти, господарські будівлі, знищуються сільськогосподарські угіддя тощо. В результаті у величезній кількості гинуть представники флори й фауни, руйнуються господарські об'єкти, що призводить до значних матеріальних втрат.

194Відходи, що утворюються внаслідок антропогенної діяльності, умовно поділяють на три категорії: промислові, сільськогосподарські й побутові. Основна маса промислових відходів утворюється на підприємствах таких галузей: гірничої й гірничо-хімічної (відвали порід, шлаки, «хвости» після збагачення та ін.); чорної металургії (шлаки, шлами, колошниковий пил та ін.); металообробної (стружка, браковані вироби, ливарнівідходи та ін.); лісової й деревообробної промисловості (лісозаготівельні відходи, відходи лісопилення та переробки деревини); енергетичного комплексу (шлаки, попіл, ядерні відходи та ін.); хімічної та суміжних галузей (фосфогіпс, галіт, цементний пил, пластмаса та ін.); харчової (шерсть, кістки та ін.), легкої й текстильної промисловості.

Останнім часом високими темпами зростає чисельність населення Землі, що призводить і до зростання споживання енергетичних та інших матеріальних природних ресурсів. Швидкість вилучення деяких з них істотно перевищує швидкість їх продукування, а екстенсивний спосіб їх освоєння, що триває, породжує величезні обсяги відходів, які надходять у навколишнє середовище.

Особливо вражають обсяги видобутку мінеральних ресурсів. Наприкінці 80-х років з надр планети видобувалося понад 8 • ІО^т сировини.

В усьому світі внаслідок гірничодобувних і земляних робіт на поверхню Землі щороку виноситься близько 5 км3 породи. Це приблизно втричі менше від того, що виносять в океан усі ріки нашої планети. За останні 500 років з надр вилучено близько 50 млрд т вуглецю, 2 млрд т заліза та багато інших мінеральних ресурсів. Нині на кожного жителя Землі припадає лише 20 т видобутої за рік сировини. При цьому використовується лише 2—6 % видобутого, а решта надходить у відвали, захаращуючи землі, які могли б бути використані в сільськогосподарському виробництві.

Так, щорічний об'єм відходів гірничих підприємств країн СНД ставить близько 2,5 млрд м3. Під час видобутку кам'яного вугілля утворюється значна кількість велетенських териконів, у яких накопичено понад З млрд м3 пустої породи.

Значні обсяги відходів утворюються в результаті промислової діяльності — виробництва кислот, мінеральних добрив, пігментів, металів тощо.

На кожну тонну калійних добрив утворюється 3—4 т галітових відходів, у яких переважно міститься хлорид натрію. У місцях видобутку калійних руд їх накопичилося близько 250 млн т. Великотоннажним відходом виробництва фосфорних добрив є фосфогіпс. На кожну тонну виробленої екстракційної фосфатної кислоти утворюється 4,3—5,6 т фосфогіпсу.

У виробництві титанового пігменту на кожну тонну вироблюваного продукту утворюється понад 12 т сульфатних відходів у вигляді твердого сульфату феруму та відпрацьованих розчинів сульфатної, кислоти. Під час збагачення мідних руд у відходи відправляють флотаційний сірчаний колчедан. Його використовують для виробництва сульфатної кислоти. Прожарювання сірчаного колчедану пов'язане з утворенням відходів колчеданного недогарку в кількості 0,75 т на 1 т піриту. Щороку його накопичується до 5 млн т. Недогарки використовують не повністю, хоча вони містять до 55 % оксиду феруму, а також кольорові та дорогоцінні метали і за вмістом заліза наближаються до якісних руд. На заводах чорної металургії країн СНД щороку утворюється близько 70 млн т шлаків. Приблизно стільки ж шлаків і попелу утворюється на електростанціях. Для розміщення цієї маси відходів щороку виділяють 2000 га орних земель.

Значна кількість твердих відходів утворюється в нафтопереробному виробництві, коксохімії, органічному та нафтохімічному синтезах, у виробництві гумотехнічних виробів, пластмас та інших полімерних матеріалів. У нафтопереробній і нафтохімічній промисловості як відходи утворюються кислі гудрони. Вони являють собою смолоподібні маси, що містять сульфатну кислоту, воду та різні органічні речовини в кількості від 10 до 93 %. Щороку в країнах СНД їх утворюється понад 300 тис. т, а переробляється не більш як 28 %.

На нафтопереробних заводах утворюються нафтові шлами (близько 0,007 т на 1 т перероблюваної нафти). Нині таких відходів у країнах СНД накопичилося понад 4 млн т. У цих шламах мітиться 10—56 % нафтопродуктів, ЗО—85 % води та 1,3—46 % твердих домішок.

Найбільшими відходами виробництва гумотехнічних виробів є невулканізовані та вулканізовані й гумотканинні матеріали, які утворюються десятками тисяч тонн. До цієї категорії відходів належать також спрацьовані покришки, конвеєрні стрічки та взуття. Так, у 1980 р. в колишньому СРСР вироблялося понад 70 млн штук покришок .

Виробництво пластмасової продукції супроводжується утворенням твердих технологічних відходів та відходів споживання. Особливо загрозливими для навколишнього природного середовища є відходи споживання пластмас, кількість яких щороку невпинно зростає. Так, за деякими даними, в 1976 р. у колишньому СРСР було вироблено 3 млн т полімерних виробів, більша частина яких потрапила до відходів. У 1980 р. в Англії до відходів потрапило близько 1,35 млн т пластмас, у США — близько 2,5 млн т. Пластмаси характеризуються значною стійкістю в природних умовах, що призводить до істотного забруднення довкілля.

На металургійних заводах країн СНД щороку утворюється понад 70 млн т металургійних шлаків і близько 20 млн т шламів із вмістом заліза до 50 %.

Загалом на металургійних виробництвах на 1 т сталі утворюється 0,4 т відходів. У кольоровій металургії кількість відходів шлаків на 1 т металу становить 10—200т. У відвалах шлаків країн СНД знаходиться понад 27 млн т заліза, 335 тис. т міді й 2 млн т цинку. Шламові відвали свинцевих заводів містять понад 3 млн т заліза, понад 900 тис. т цинку, 150 тис. т свинцю і 70 тис. т міді. Вміст окремих компонентів у відвальних шлаках вищий, ніж у видобуваних рудах, тому такі шлаки доцільно переробляти.

У промислових твердих і рідких відходах трапляються різні токсичні речовини, що несприятливо впливають на здоров'я людей та розвиток рослин і тварин. Так, у відходах металургійної промисловості наявні солі та оксиди феруму, кольорових і важких металів. Відходами машинобудування є металобрухт, вагранкові шлаки, травильні розчини та гальванічні стоки, в яких містяться ціаніди, хром, нікель, залізо, мідь, цинк, арсен, берилій тощо. У виробництві пластмас і синтетичного волокна утворюються відходи бензолу, фенолу, метанолу, скипидару, кубові залишки —відходи целюлозно-паперової промисловості.

Спалювання кам'яного вугілля в теплоенергетиці пов'язане з утворенням значної кількості шлаків, попелу та сажі. На теплових електростанціях у країнах СНД щороку утворюється близько 70 млн т відходів, які частково переробляють на будівельні матеріали. Відвали потужної електростанції займають 400—800 га родючих земель. У значних кількостях викидаються в атмосферне повітря оксиди сульфуру, нітрогену та радіонукліди, які врешті з атмосферними опадами потрапляють у ґрунти.

Відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння містять значну кількість оксидів карбону, нітрогену, а також свинець та вуглеводні, які осідають на поверхні Грунту. Вони потрапляють у рослини, далі через ланцюги живлення — в організми тварин і людини, викликаючи небажані наслідки. Радіоактивні речовини потрапляють у ґрунти під час видалення рідких і твердих відходів з, промислових агрегатів, а також з опадами після ядерних вибухів та аварій на атомних електростанціях.

Підприємства гірничодобувної промисловості щороку утворюють 1 млн т відходів, 14 металургійних заводів накопичують 20 млн т шлаків, а обсяг відходів вугільної промисловості перевищив 20 млрд т. У ряді промислових регіонів, особливо Донецько-придніпровському, майже вичерпані всі можливості розміщення відходів. Тут утворюється близько половини всіх промислових відходів України.

Значними забрудниками літосфери є житлово-комунальне господарство та військово-промисловий комплекс. Житлово-комунальне господарство здійснює інтенсивне будівництво житла, доріг та інших господарських об'єктів, що пов'язано з відчуженням родючих земель та утворенням величезної кількості будівельного сміття. Середовище забруднюють побутове сміття, харчові відходи, фекалії, непридатні предмети домашнього вжитку тощо.

Кількість побутових відходів невпинно зростає. На кожного міського мешканця щороку утворюється 250—700 кг відходів. За оцінками спеціалістів, у містах світу щороку утворюється 400—500 млн т побутових відходів.

До складу побутових відходів входить 40 % паперу й картону, 25 — харчових відходів, 8 — металу, по 5 % — скла, шкіри, пластмас та гуми. На частку всіх інших відходів припадає 12 %. Тільки в США щороку викидається понад ЗО млрд консервних бляшанок, 60 млрд різних металевих місткостей. Обсяг сміття в Україні становить щороку приблизно 40 млн м3, яке захоронюють на 656 міських звалищах площею 2650 га та спалюють на 4 заводах. На початок,ХХІ ст. прогнозується накопичення сміття, що дорівнює 1,5—1,9 м3 на душу населення за рік.

Значний обсяг забруднень потрапляє в ґрунти та водойми з тваринницьких ферм. В районах свино- і птахоферм природне середовище забруднюється продуктами розкладання й гниття екскрементів (до 2,5 тис. мї/добу), шкідливими газами (аміак, гідрогенсульфід) та органічними кислотами. Проблему ефективної утилізації гною та стічних вод таких комплексів поки що не вирішено.

Внаслідок концентрації великої кількості тварин, незадовільного догляду й умов їх утримання, відсутності кваліфікованих лікарів і ліків часто відбувається масова загибель тварин. Виникають проблеми їх захоронення, які пов'язані з поширенням токсичних і небезпечних забруднень, виникненням епідемій. До тяжких наслідків призводять техногенні аварії, особливо ті, що пов'язані з виробництвом або транспортуванням токсичних хімічних речовин. Високі концентрації забруднювальних речовин, що потрапляють у довкілля, можуть спричинювати загибель усього живого в місці аварії.

Небезпечним є зменшення площі родючих ґрунтів. Грунти, що створювалися природою протягом тисячоліть, у результаті нераціональної господарської діяльності людей виснажуються загрозливими темпами.

Внаслідок розорювання, меліорації та широкомасштабного застосування в сільському господарстві хімічних препаратів (гербіцидів, інсектицидів тощо) ґрунти деградують та перенасичуються шкідливими речовинами — фосфором, азотом, фтором, стронцієм, ураном та ін. У ґрунтах світу нині нагромаджено близько 150 млрд т азоту, накопичуються також метали (залізо, ртуть, мідь, цинк, хром, свинець та ін.). Ртуть потрапляє в ґрунт із пестицидами та промисловими відходами. Щороку неконтрольовані викиди ртуті становлять близько 5 тис. т. До 25 кг свинцю з кожної тонни видобутого потрапляє у вигляді відходів у навколишнє природне середовище. В результаті зменшуються площі орних земель та їх урожайність.

Внаслідок гірничодобувних робіт, промислової та житлової забудови, будівництва автомобільних і залізничних шляхів щороку втрачається до 70 тис. км2 орної землі. За рахунок зрошення в усьому світі заболочується й засолюється від ЗО до 80 % земель, що призводить до втрат для сільського господарства 2—3 тис. км2 ріллі. Кожні 10 років людство втрачає близько 7 % верхнього шару ґрунту внаслідок вітрової та водної ерозії.

Ерозією (лат. егозіо — роз'їдання) називають порушення ґрунту й гірських порід потоками води або вітру, а також внаслідок механічного впливу. Ерозію поділяють на водну, вітрову (дефляцію), іригаційну, промислову, берегову та ін. Ерозія призводить до зниження родючості ґрунту, його порушення і в кінцевому підсумку — до повного знищення. Залежно від характеру й швидкості процесу руйнування верхніх шарів ґрунту і материнської породи розрізняють геологічну та прискорену ерозію. Геологічна ерозія пов'язана з еволюцією Землі і відбувається повільно в природних умовах, не завдаючи особливої шкоди родючості ґрунту. Прискорена ерозія зумовлена переважно антропогенною діяльністю. Вона може бути спричинена безконтрольним вирубуванням лісів, непомірним випасанням худоби, розорюванням схилів, ущільненням ґрунту під час обробітку, технологією вирощування польових культур, будівництвом трубопроводів та шляхів, незадовільною технологією меліоративних робіт тощо.

Щодня на Землі внаслідок ерозії втрачається 3200 га родючих ґрунтів. Внаслідок ерозії в Грунтах зменшується вміст фосфору, азоту, калію та інших мікроелементів. Під час пилових буревіїв з кожного гектара ріллі виноситься ЗО кг азоту, 22 кг фосфору і понад ЗО кг калію. Ерозія й засолення призводять до посухи та спустелювання земель. Усе це зумовлює зменшення врожайності та втрату родючих ґрунтів. Особливе занепокоєння викликає стан українських чорноземів. Україна має найбільші в світі запаси чорнозему, який є національним багатством. Освоєність земельного фонду в країні досягла 70 %, чого не має жодна з промислове розвинених країн. Розораність сільгоспугідь становить понад 80 %, тоді як у Європі — 31 %, Африці — 9, Франції — 48, Угорщині — 37, Англії — 25, США — 20, Китаї — 8,2, Канаді — 2,4, Австралії — 1,2 %. Внаслідок такої інтенсивної експлуатації земель в Україні з 33,3 млн га орних земель 10 млн га — еродовані, близько 17 млн га мають підвищену кислотність. Відтворення ґрунтів відбувається в природі впродовж тривалого часу. Так, для утворення чорнозему завтовшки один метр у лісостеповій зоні України потрібно близько 7000 років. Отже, втрата ґрунтів є величезною загрозою для існування прийдешніх поколінь, що ставить під сумнів подальший розвиток нашої цивілізації.

Внаслідок антропогенної діяльності та посух відбувається спустелювання, що призводить до виснаження аридних та напіваридних екосистем. Спустелені території не самовідновлюються. Щороку площі пустель зростають на 60 тис. км2, і до цього часу спустелено вже близько 5 млрд га. Останнім часом на території колишнього СРСР спустелення відбулося в районі Аральського моря. В результаті значного зменшення річкового стоку рік Амудар'я й Сирдар'я внаслідок використання води для зрошення бавовникових плантацій на відстані до 250 км від Аралу рівень ґрунтової води знизився на 5 м. Аральська катастрофа завершилася аридизацією клімату на південь від Аралу на 100—400 км. Цей наочний приклад екологічної катастрофи, яка була наслідком непродуманої господарської діяльності, має стати уроком і пересторогою для всього людства.

Якщо взяти до уваги той факт, що всі компоненти біосфери тісно пов'язані і взаємозумовлені, то стає очевидним, що непродумане й безконтрольне забруднення ґрунтів, повітря та природних вод ксенобіотиками, що здатні мігрувати трофічними ланцюгами і накопичуватися в живих організмах, може в кінцевому результаті призвести до незворотних змін, які загрожують існуванню людини як виду.

**ПОВЕДІНКА ЗАБРУДНЕНЬ У ЛІТОСФЕРІ ТА ВПЛИВ ЇХ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ**

У біосфері Землі постійно відбувається взаємодія між компонентами її косної (космосу, атмосфери, гідросфери та літосфери) і живої (рослини, тварини та мікроорганізми) речовин. Ця взаємодія виражається в обміні речовини та енергії і супроводжується різними фізичними, хімічними та біологічними процесами. У результаті цих взаємодій на Землі формуються певні умови для забезпечення процесів життєдіяльності (клімат, хімічний склад повітря, води й ґрунту, морфологія земної поверхні тощо). Забруднення біосфери, що утворилися природним шляхом або внаслідок антропогенної діяльності, потрапивши в атмосферу, гідросферу чи літосферу, також перебувають у постійній взаємодії: відбуваються певні хімічні перетворення речовин в атмосферній та ґрунтовій воді, окисно-відновні реакції, гідроліз і комплексоутворення, хімічне та бактеріальне вилуження, сорбція, йонний обмін і багато інших. При взаємодії із земною поверхнею газуваті забрудники можуть виводитися з атмосфери. В ґрунт з атмосфери щороку надходить до З млн. т оксиду сульфуру (IV), 3,1 млн. т оксидів нітрогену, 8,2 млн. т оксиду карбону (II), 1,75 млн. т органічних сполук, 7 тис. т цинку, 6,5 тис. т свинцю, 80 т кадмію та близько 600 інших забруднювальних речовин. Це призводить до істотних змін середовища існування живих організмів.

Рослинний світ літосфери може поглинати атмосферні гази, як і неорганічні речовини, без подальшої переробки або активно включати їх у процеси метаболізму, створюючи сприятливий градієнт концентрацій для подальшого поглинання. За винятком вуглекислого газу, всі основні гази, що забруднюють повітря, значною мірою беруть участь у метаболізмі рослин. Проте для багатьох рослин спостерігаються порушення процесів життєдіяльності за дуже малих концентрацій забрудників. Взагалі росли ни зазнають шкідливої дії газуватих забрудників у менших концентраціях, ніж тварини (особливо у разі наявності озону, оксидів нітрогену й сульфуру). Винятком є лише оксид карбону (II), який завдає шкоди рослинам у значно більших концентраціях, ніж при дії на тварин.

У результаті хімічної взаємодії забруднювальних речовин відбувається їх трансформація з утворенням нових хімічних сполук — ксенобіотиків, які нерідко бувають ще токсичнішими, ніж вихідні забрудники. Яскравим прикладом таких штучно створених у природі сполук є нітрозаміни — продукти трансформації в ґрунті азотних добрив. Забруднювальні сполуки (зокрема, діоксини) можуть бути канцерогенними, тобто спричинювати ракові захворювання. Ці речовини потрапляють в атмосферне повітря, поверхневі й ґрунтові води та ґрунти, з яких переходять у рослини, а далі через ланцюги живлення — в організми тварин і людей. Накопичуючись в організмів в надмірній кількості, вони спричинюють різні захворювання і навіть смерть.

Характерною особливістю літосфери є те, що забруднення переміщуються в ній природним шляхом значно повільніше, ніж у гідросфері й атмосфері. Тому відбувається концентрування токсичних речовин і подальша міграція їх у різні середовища в процесі біологічного та геохімічного колообігів речовин. Внаслідок інтенсивного надходження ксенобіотиків порушується динамічна рівновага цих природних циклів, які складалися впродовж багатьох мільйонів років. А це врешті може призвести і вже частково призводить до незворотних катастрофічних змін у біосфері Землі.

Не маючи можливості детально розглянути всі ті процеси, що відбуваються в літосфері із забрудненнями антропогенного походження, зупинимося для прикладу тільки на деяких із них. Людство у своїй повсякденній діяльності використовує значну кількість металів, особливо заліза. На Землі залізо перебуває в окисненій формі у вигляді оксидів. Для добування металічного заліза, яке використовують у різних конструкціях, застосовують різні металургійні процеси, що ґрунтуються на відновленні оксидів феруму до металу за допомогою відновників (переважно вуглецю

та сполук карбону). У результаті відновної плавки в доменних печах виплавляють чавун (сплав заліза й вуглецю), а з нього в результаті окисної плавки в мартенівських печах і бесемерівських конверторах отримують сталь.

Із чавуну і сталі виробляють різні машини, механізми та будівельні конструкції. Після їх спрацювання та виходу з ужитку вони у вигляді металобрухту потрапляють у відходи, які накопичуються в літосфері в досить значній кількості. Більша частина цих відходів знову залучається в переробку шляхом їх переплавляння, і таким чином створюється техногенний колообіг металів у господарській діяльності людини. Інша частина цих відходів не може бути перероблена відразу, тому знаходиться на земній поверхні, зазнаючи окиснення атмосферним повітрям. Відбувається корозія металів.

Прискорення корозії заліза за наявності в атмосфері оксиду сульфуру (IV) пов'язане з наявністю Ре804 та вологи в нижньому оксидному шарі. При зменшенні вологості розчин висихає і електрохімічний процес призупиняється через відсутність гідроксид-іонів. Сульфат феруму (II) розчиняється в поверхневих, зливових та ґрунтових водах і у вигляді розчину може потрапляти безпосередньо в рослини і через ланцюги живлення — в організми тварин і людей або переноситися в підґрунтові води та з течією рік в океани. Сульфат феруму (II) окиснюється атмосферним розчиненим у воді киснем до сульфату феруму (III)за схемою

2РЄ804 + 1/202 + Н2§04 = РЄ2( 8С>4 )з + Н20.

Сульфат феруму (III) та основні сульфати феруму Ре(ОН)804, Ре(ОН)з та інші важкорозчинні сполуки здатні накопичуватися і таким чином концентрувати вміст заліза в середовищі, забруднюючи ґрунт.

Утворення сульфатів і нітратів металів може відбуватися й за іншою схемою. Оксид сульфуру (IV) розчиняється в краплях атмосферної або ґрунтової вологи, утворюючи сульфітну кислоту, яка взаємодіє з розчиненим киснем у воді з утворенням сульфатної кислоти за схемою

2Н2§Оз + 02 ^ 2Н2804.

Утворення нітратної кислоти відбувається за такою реакцією:

ЗМ02 + Н20 = 2НМОз + N0.

Сульфатна. та нітратна кислоти взаємодіють з металобрухтом за схемою

Ме + Н2804 = Ме804 + Н2Ї; Ме + 2НКОз = Мс (N03)2 + Н2Ї.

Сульфати й нітрати розчиняються у воді і надходять у рослини або водойми, в яких вони можуть накопичуватися чи гідролізуватися з утворенням важкорозчинних солей. Якщо утворені таким чином кислоти потрапляють до відвалів галургійних виробництв, зокрема галітових, що містять хлориди натрію і калію, вони взаємодіють з цими солями за схемою

НМОз + NаС1 = NаNОз + НСіТ; НМОз + КС1 = КМОз + НСіТ.

Нітрати розчиняються у воді й потрапляють в організми рослин, тварин і людей. Хлоридна кислота в газуватому стані може надходити в атмосферне повітря або взаємодіяти з іншими сполуками, що знаходяться у ґрунті або водному розчині, утворюючи хлориди металів та інші речовини. Оксид сульфуру (IV) та утворені сульфатна й нітратна кислоти руйнують кам'яну та бетонну кладки. Вапняковий розчин і цегла поглинають оксид сульфуру (IV) з утворенням сульфатів за схемою

СаСОз + 802 + 1/202 = Са504 + С02.

Особливо небезпечні сульфати для матеріалів, що містять карбонат кальцію (руйнування фресок та інших старовинних мармурових пам'яток). Нейлонові, бавовняні та віскозні тканини в повітряному середовищі, яке містить оксид сульфуру (IV) в кількості 0,1—0,2 млн., втрачають механічну міцність. Це пов'язано, очевидно, з кислотним гідролізом. Кислота утворюється на поверхні тканин при абсорбції сірчистого газу плівкою води. Озон, що знаходиться в атмосфері, є сильним окисником і дуже активним відносно багатьох органічних сполук. Цим пояснюється, вірогідно, його розкладання на поверхні твердого тіла. Озон руйнує деякі полімери та фарби, здатні окиснюватися.

Залізобактерії можуть сприяти розчиненню міді у відходах та відвалах мідних руд. За допомогою сульфатних розчинів феруму (III) і сульфатної кислоти за наявності сульфатів алюмінію і феруму (II) та тонових бактерій сульфіди міді перетворюються на водні розчини сульфату купруму за такою схемою:

2Ре2(804)з+2Си8+2Н20+302 ~~---~~ 2Си804+4Ре804+2Н2804.

Ці сполуки надзвичайно токсичні і на відміну від неорганічних сполук меркурію міцно зв'язуються тканинами організмів тварин і людей та дуже повільно виводяться з організму. Диметилмеркурій леткий і після відмирання мікроорганізмів та інших організмів надходить не лише у воду, а й у повітря. При цьому створюються сприятливі умови для його подальшої трансформації та міграції.

Біометилювання під дією бактерій зазнають й інші метали — свинець, олово, кадмій, талій, селен, телур, золото. В повітрі під дією ультрафіолетового випромінювання металоорганічні сполуки розщеплюються на неорганічні та органічні похідні, які з атмосферними опадами знову надходять у Грунти літосфери. За підрахунками дослідників, щороку з дощем випадає 100 тис. т ртуті, тобто в 15—20 разів більше, ніж її видобувають. Мікроорганізми (дріжджі, актиноміцети, бактерії тощо) ефективно очищають ґрунти від нафти та нафтопродуктів, використовуючи ці забруднення для свого живлення. Таким чином, споживаючи забруднювальні речовини, мікроорганізми сприяють очищенню Грунтів від полютантів.

Значна кількість промислових стічних вод виносить токсичні речовини у водойми та ґрунти. Наприклад, стічні води металургійних виробництв містять солі важких металів, феноли, ціаніди та ін. Якщо воду навіть з невеликим вмістом фенолу прохлорувати для отримання питної води, то феноли перетворяться на хлорфенол і нададуть їй надзвичайно неприємного запаху.

Мінеральні добрива та інші хімікати, які застосовують у сільському господарстві для підвищення врожайності угідь, змиваються зливовими водами в поверхневі водойми, завдаючи їм значної шкоди. Зростання масштабів використання добрив та вимивання їх із ґрунту сприяє мінералізації водойм. Вміст добрив у ріках, озерах і колодязях понад 50 мг/л небезпечний для здоров'я і загрожує життю людей. Азот і фосфор призводять до інтенсивного розвитку водоростей. Останні, відмираючи, можуть повністю позбавити воду кисню (евтрофікація водойм) і тим самим зменшити її здатність до самоочищення. При цьому починають інтенсифікуватись анаеробні процеси біохімічного розкладання органічних речовин, зокрема мулу. У результаті виділяються гідрогенсульфід, аміак, метан, гідроксиламін та інші сполуки, забруднюючи атмосферне повітря та ґрунти. Навколо озер та річок стоїть сморід.

**БЕРЕЖЛИВЕ СТАВЛЕННЯ ДО НАДР І ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ**

Надра — верхня частина земної кори від нижньої межі гумусового шару ґрунту до рівня, де ще можливий видобуток корисних копалин. З надр Землі видобувають вугілля, нафту, газ та корисні копалини. Останні використовують для добування металів, як сировину для хімічної промисловості, виробництва добрив для сільського господарства, будівельних матеріалів тощо. У надрах містяться лікувальні термальні та мінеральні води. В них будують різні господарські споруди і транспортні комунікації. Їх використовують для зберігання нафти, газу та різних матеріалів, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва. В Україні досліджено 90 видів корисних копалин, зосереджених більш як у 8000 родовищ, з яких 4000 експлуатуються. Родовища корисних копалин характер ризуються резервами, запасами та індексом використання природних ресурсів. Резерви — це обсяги корисних копалин, які можуть бути ефективно вилучені з надр за допомогою сучасних технологій. Запаси — загальний передбачуваний обсяг копалин у родовищах Землі.

Майже всі корисні копалини належать до невідновних ресурсів, тому що їх відтворення в земній корі відбувається дуже повільно. Інтенсивністьїх видобування та використання значно перевищує швидкість їх утворення. Використання людством корисних копалин подвоюється через кожні 14—15 років. Щорічне використання вугілля, заліза, мангану й нікелю за останні 100 років збільшилося у 50—60 разів, калію, алюмінію, молібденут й вольфраму — у 200—1000 разів. Щороку з надр Землі видобувають близько 120 млрд т руди та інших корисних копалин, майже по 20—ЗО т наодну людину. Тільки за 1991 р. у світі було видобуто 3,1 млрд т нафти,1,9 трлн м3 природного газу та 3,2—3,5 млрд т кам'яного і 1,2—1,5 млрд т бурого вугілля.

Якщо видобуток корисних копалин збережеться в такому обсязі, як нині, то багато родовищ будуть вичерпані через кілька десятиріч. У разів збільшення видобутку й використання мінеральних ресурсів країнами, що розвиваються, до рівня США на початку 90-х років XX ст., за даними 00Н, резерви бокситів, нафти, газу, міді, цинку, свинцю будуть вичерпані впродовж 5—15 років. З усього видобутого із земних надр обсягу речовин у вигляді продуктів виробництва використовується тільки 2—6 %, що пояснюється недосконалістю технологій. Решта потрапляє у відходи, які забруднюють навколишнє природне середовище. При зазначених темпах видобутку корисних копалин щороку утворюватиметься близько 400 млрд т твердих відходів. Значні обсяги видобутку сировини і на території України. Видобуток нафти становить 5,3 млн т, природного газу— 28,1 млрд м3, кам'яного вугілля — майже 137 млн т і бурого — близько 9,3 млн т. Україна задовольняє свої потреби майже всіма мінеральними ресурсами, за винятком паливно-енергетичних та деяких інших.

Освоєння родовищ мінеральних ресурсів охоплює геологорозвідувальні роботи, розробку родовищ та переробку мінеральної сировини. Кожен з цих етапів має певний вплив на навколишнє природне середовище.

Будівництво свердловин, шахт та кар'єрів пов'язане з відчуженням родючих земель, зміною природних ландшафтів та погіршенням екологічної ситуації. В Україні щороку відводиться близько 5—7 тис. га земель для складування відходів та створення шламонакопичувачів.

Найістотніші порушення пов'язані з відкритими розробками, які потребують відведення місць для покривних порід. При цьому відбувається зниження рельєфу. Створення глибоких (до 800 м) і значних за площею кар'єрів супроводжується зсувами, обвалами й селями. Навколо родовищ облаштовують відвали пустої породи, терикони і шламосховища. Так, гірничозбагачувальними комбінатами Криворізького залізорудного району створені велетенські кар'єри завдовжки кілька кілометрів. Усі яри та балки засипані десятками мільйонів тонн відходів після збагачення залізної руди. У шламосховищах накопичується забруднена вода, яка підтоплює прилеглі території та забруднює підземні води. З їх поверхні вітрами розноситься пил на великі відстані. Розробка родовищ за допомогою вибухів спричинює забруднення атмосферного повітря пилом і шкідливими газами. Порушується міцність грунтів, збільшується тріщинуватість порід і зникають підземні води. Пилі газуваті викиди гірничозбагачувальних фабрик розносяться вітрами на далекі відстані й осідають на поверхні грунту, знижуючи врожайність угідь на 15—20%.

Під час підземних розробок утворюються пустоти, виникають тріщини в гірських породах, обвали та просідання породи, дренаж водоносних горизонтів та їх осушення. Відбувається набухання порід, виділення шкідливих газів (гідрогенсульфіду, метану) та прориви підземних вод. Тільки при підземному видобутку вугілля на шахтах світу щороку виділяється 25—28 млрд м3 метану. У країнах, де на шахтах виділяється багато метану, його використовують для опалення приміщень. З метою економії природ ного газу замість повітряного дуття у котли використовують метаново-газові суміші, навіть якщо вміст метану становить менш як 2,5 %.

Внаслідок порушення водоносних горизонтів відбувається приплив підземних вод у шахти та кар'єри. Щороку з шахт України відкачують понад 600 млн м3 шахтних вод з підвищеною мінералізацією (7,7—103,5 г/л), яка інколи досягає 150 г/л. Такі води, які відкачують у ставки-накопичувачі, спричинюють засолення навколишніх ґрунтів і водоносних шарів. У Центральному Донбасі внаслідок заглиблення дев'яти кар'єрів на 50—70 м від поверхні й відкачування з них підземних вод відбулося різке зниження їх рівня на всій площі регіону, а також у два-три рази підвищилася мінералізація, яка досягла 2,5 г/л.

Для зменшення втрат корисних копалин і охорони надр потрібно проводити повне розвідування родовищ з тим, щоб території, в надрах яких знаходяться родовища корисних копалин, не були забудовані або в їх зоні не були створені водосховища. Після завершення експлуатації родовищ слід обов'язково виконувати рекультиваційні роботи.

Заощадити мінеральні ресурси можна за рахунок істотного вдосконалення технології видобутку корисних копалин: свердловинне гідродобування й вилуження, підземні виплавляння сірки та газифікація вугілля тощо. Потрібно застосовувати технології комплексної переробки сировини, вилучаючи всі корисні інгредієнти, а пусту породу використовувати як будівельний або закладний матеріал. Пусті породи з вугільних та інших шахт використовують для будівництва шляхів, гідротехнічних дамб, виробництва будівельних блоків, заповнення відпрацьованих штолень, штреків і кар'єрів. З порід, які раніше складувалися, почали виготовляти щебінь, цемент, скло, силікатну цеглу, вогнетриви й формувальні матеріали. На підприємствах кольорової металургії з руд поряд з основними металами почали додатково вилучати сполуки ще 60 елементів (селен, індій, телур, бісмут, кобальт та ін.).

Суттєво зменшити споживання руд можна за рахунок вилучення корисних речовин із викидних газів, пилу та стічних вод. З цих відходів добувають сірку, ванадій, цинк, свинець, молібден та рідкісні метали.

У 1992 р. Верховна Рада України прийняла нові закони про охорону природного середовища та ресурси країни. Ними передбачено конкретні заходи охорони надр та земної поверхні, а також жорсткі покарання за шкоду, заподіяну природі.

**ОХОРОНА ЛАНДШАФТІВ**

Ландшафти належать до ключових геосистем локального і регіонального рівнів. Для них характерні єдине походження, однорідний геологічний фундамент, єдиний тип рельєфу, однаковий клімат, специфічне поєднання ґрунтів і біоценозів, спільна історія розвитку. В Україні виділяють різноманітні рівнинні (94,3 % загальної площі) та гірські (5,7 %) ландшафти. Серед рівнинних ландшафтів домінуючими є степові та лісостепові (понад 70 %). Ландшафти поділяють на природні та антропогенні. Природні ландшафти формуються під впливом природних факторів, і для них характерні певні динамічні зміни (добові, сезонні, річні). Таких ландшафтів на Землі майже не залишилось. Переважна їх більшість перебуває під впливом антропогенних процесів (утворення зсувів на берегах морів, замулення водосховищ, підвищення або зниження рівня підземних вод тощо).

Деякі антропогенні процеси, як вирубування лісів, створення великих водосховищ та кар'єрів, здатні істотно змінювати природне середовище.

Подібні процеси породжують негативні, часто непередбачувані людиною наслідки. Антропогенні процеси порушують динамічну рівновагу та взаємозв'язки між компонентами екосистем значно швидше, ніж це відбувається під впливом тільки природних процесів.

За ступенем змінюваності й характером антропогенного впливу розрізняють змінені, порушені та перетворені ландшафти. У змінених ландшафтах, до яких належать пасовища, сіножаті, згарища, антропогенний вплив означається лише на окремих природних компонентах. До порушених ландшафтів, що зазнають інтенсивного антропогенного впливу, належать місця знищення лісів, суцільної забудови та розорювання крутих схилів.

Перетворені ландшафти — це території, на яких свідомо змінене природне середовище.

Залежно від соціально-економічних функцій розрізняють також міські (урбаністські), сільськогосподарські (агрокультурні), промислові (технологічні), рекреаційні (зони відпочинку) та інші ландшафти.

З метою раціонального використання ландшафтів потрібно визначати мінімальний та максимальний ступені екологічного навантаження, за межами яких лежить неможливість інтенсивного природного розвитку екосистем або загроза виникнення екологічної катастрофи. Встановлення таких двох граничних меж дає змогу зорієнтуватись на застосування раціонального природокористування в тому чи іншому регіоні, оптимізувати взаємовідносини людського суспільства і природного середовища. Створення різноманітних карт (водних ресурсів регіону, агрокліматичних ресурсів, факторів природної сталості, оцінки природних умов, ареалів антропогенного впливу на довкілля тощо) дають змогу визначити екологічне навантаження на цей регіон. Ефективні шляхи обмеження антропогенного тиску на ландшафти мають базуватися на перебудові народного господарства в напрямі запровадження малоенерго та маломатеріалоємних виробництв із використанням маловідходних і безвідходних технологій, ефективних методів очищення стічних вод та газодимових викидів від забруднювальних речовин, утилізації та переробки відходів господарської діяльності. Інтенсивний антропогенний тиск на природу зумовлює необхідність збереження еталонних екосистем, включаючи ландшафти. Це здійснюють створенням заповідних територій. Якщо своєчасно не зберегти необхідну кількість природних еталонів геосистем, людство може назавжди втратити можливість збереження існуючого генофонду флори й фауни, типових і рідкісних ландшафтів, вивчення процесів і закономірностей прояву життєвих процесів у біосфері Землі.