

7.1. Техногенні зміни геологічних об'єктів

Областю геологічної діяльності людини є *геологічне середовище*, під яким розуміють реальний фізичний простір, що об'єднує верхню частину земної кори та частково, взаємодіючи з нею зовнішні оболонки Землі.

Геологічне середовище формується в результаті складної взаємодії зовнішніх оболонок Землі та впливу на геологічні процеси численних ендегенних і екзогенних факторів. Вище неодноразово зазначалось, що в природі все знаходиться в певній рівновазі, яка контролювалася мільйони років тільки природними силами. Проте, в міру розвитку суспільства і особливо зараз, вплив людини на природу різко посилюється. В умовах сучасної науково-технічної революції ця майстерність втручання людини в навколишнє середовище призводить до помітних порушень природної рівноваги, а в ряді випадків спричиняє катастрофічні наслідки, які можуть набути планетарного характеру.

Сукупність усіх видів впливу людини на геологічне середовище називається *техногенезом*. Цей вплив зумовлений інженерно-будівельною, гідротехнічною, гірничо-видобувною та іншими видами діяльності людини. З усіх видів техногенезу *гірничотехнічні роботи* мають найбільш суттєвий вплив на зміну геологічного середовища, так як вони зачіпають не тільки поверхню, але й глибинні горизонти земної кори.

Техногенна дія завжди спрямована на певну ділянку земної кори і викликає наслідки, взаємообумовлені процесами, які відбуваються в межах даної частини геологічного середовища, а також характером та інтенсивністю їх впливу. З геологічних об'єктів, які зазнають найбільшого впливу тектоногенезу, є: тектонічна та геологічна будова району, геоморфологічні та фізико-географічні компоненти, гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови.

Наслідки техногенного впливу насамперед визначаються приуроченістю територій до структурних елементів земної кори – платформових та геосинклінальних областей. Різниця зумовлена

неоднаковою будовою та складом верхньої частини літосфери; розвитком складчастих та розривних дислокацій, які впливають на стійкість породних масивів, їхню проникливість для води та газів; тектонічною активністю. Ступінь розчленування рельєфу, крутизна схилів, фізико-географічна зональність визначають напрямок та інтенсивність розвитку окремих техногенних процесів і, відповідно, характер зміни геологічного середовища. Властивості гірських порід, якісні особливості водоносних горизонтів та комплексів, співвідношення в комплексі водоносних та водотривких порід, склад та режим руху підземних вод також відіграють суттєву роль у розвитку техногенезу.

Наслідки техногенного впливу на геологічне середовище за характером змін можна розділити на наступні групи: мінерагенічні, геохімічні, геодинамічні, геоморфологічні, гідрогеологічні та інженерно-геологічні.

Мінерагенічні та **геохімічні** зміни зумовлені зростаючими масштабами перерозподілу речовини земної кори в процесі гірничих, будівельних та гідротехнічних робіт. Мінерагенічні зміни проявляються в вичерпанні мінеральних ресурсів, що призводить до змін технологічних умов розробки родовищ. Геохімічні зміни характеризуються порушенням та зміною хімічного балансу речовини в геологічному середовищі, а також зміною природної екологічної рівноваги в межовому шарі літосфера – атмосфера – гідросфера.

Геофізичні зміни проявляються у виникненні у верхній частині земної кори штучних фізичних полів (блукаючих струмів, сейсмічних та звукових хвиль, тощо), які впливають на речовину літосфери, підсилюють корозію металів, підвищують агресивність води.

Геотермічні зміни під впливом техногенезу проявляються у зміні теплового режиму поверхні літосфери, а також водно-теплового режиму потоків та водоймищ. Вони особливо відчутні в районах розвитку багатолітньомерзлих порід.

Геодинамічні наслідки техногенезу проявляються в змінах геостатичного поля в зв'язку з проходкою гірничих виробок, перерозподіленням великих об'ємів води на поверхні, видобутком з

надр значних мас гірських порід та корисних копалин, у тому числі нафти, газу і підземних вод.

Геоморфологічні зміни проявляються у створенні техногенного рельєфу і, відповідно, в зміні первісного, внаслідок порушення рівноваги між акумулятивними та денудаційними процесами.

Гідрогеологічні наслідки техногенезу спричинені прямою або побічною дією людини на водоносні горизонти. Вони проявляються у зміні ресурсів, рівнів, якості води та гідрогеологічного режиму

Інженерно-геологічні наслідки техногенезу проявляються в активізації осувних та суфозійних явищ, а також у прояві інших екзогенних процесів, які можуть бути не властивими конкретній фізико-географічній або геологічній обстановці.

Техногенез не тільки змінює властивості та структуру геологічних об'єктів, але і створює нові техногенні об'єкти. Екзогенний техногенез активно впливає на процеси та результати зовнішньої геодинаміки, особливо на процеси вивітрювання, денудаційну та акумулятивну роботу поверхневих і підземних текучих вод, діяльність моря, озер і боліт, вітру, суттєво відбивається на процесах діагенезу. Разом з тим техногенез викликає процеси, які нагадують природні явища внутрішньої геодинаміки (коливні та дислокаційні рухи, землетруси, магматизм, метаморфізм, зміни фізичних полів).

Вище вже зазначалось, що техногенез має значний вплив на різноманітні зміни зовнішніх геосфер Землі, і в першу чергу це стосується **атмосфери**.

Первинна атмосфера Землі була відновною і складалася в основному з метану, аміаку та водяної пари. З появою рослинності реакції фотосинтезу змінили склад атмосферного повітря на азотно-кисневий і атмосфера стала окислювальною. Під впливом діяльності людини відбулося порушення газової рівноваги. Приблизно за 100 минутих років концентрація вуглекислого газу в атмосфері збільшилася з 0,027 до 0,0325%, а в XXI столітті ця цифра може досягти 0,038%. У значних об'ємах в атмосферу

поступають сполуки сірки, джерелом якої, в основному, є енергетика, кольорова та чорна металургія.

Зміна газового стану атмосфери, особливо збагачення вуглекислим газом, на думку вчених може спричинити глобальні зміни клімату. Передбачається, що при збереженні кількості викидів вуглекислого газу та теперішньому підвищенні температури можливі катастрофічні наслідки.

Забруднення атмосфери пилом підсилює її властивість відбивати сонячне проміння, спричиняє розвиток хмарності, прискорює швидкість танення гірських льодовиків та снігу поверхні яких покриті пилом, що осідає. Разом з тим пил затримує зустрічний тепловий потік, який йде від поверхні Землі, що спричиняє “парниковий ефект” та підвищення температури повітря на планеті.

Не можна не згадати і про теплове забруднення атмосфери. Велика частина енергії, яка виробляється на Землі, виділяється в атмосферу у вигляді тепла. Внаслідок значного перевищення енергії, що споживається, над сонячною радіацією різниця температури в містах та їх околицях може перевищувати 1-2 °С, а в окремих випадках навіть 10 °С. Очікується, що через 100 років кількість техногенного тепла, яке виділяється в атмосферу, буде рівною кількості тепла, яке Земля отримує від Сонця.

Гідросфера під впливом діяльності людини змінюється як в якісному, так і кількісному відношеннях. При цьому суттєвим змінам підлягає не тільки водний режим планети, але і геологічна роль гідросфери.

Розрізняють наступні види забруднення вод: побутове, агрохімічне та промислове. *Побутове* забруднення зумовлюється синтетичними миючими засобами, які характеризуються хімічною активністю та стійкістю.

Агрохімічне забруднення вод викликане використанням у сільському господарстві добрив та отрутохімікатів, які разом з атмосферними опадами просочуються через ґрунтово-рослинний шар і потрапляють у поверхневі та підземні води. Це призводить до різкого підвищення у воді концентрації шкідливих речовин, особливо нітратів.

Агрохімікати зносяться поверхневими водами в непротічні водоймища, що призводить до їх *евтрофікації*, тобто до збільшення концентрації поживних солей (здебільшого фосфатів), а це, в свою чергу, сприяє заростанню водоймищ водоростями та їхньому інтенсивному розвитку. Евтрофікація спричиняє погіршення якості води, деградацію та відмирання фауни і флори, а самі водоймища поступово “вимирають” та перетворюються в болота.

Промислове забруднення зумовлене стоками підприємств, що сьогодні набуває планетарного масштабу. У відходах підприємств, які скидаються у потоки та водоймища, міститься велика кількість шкідливих та токсичних речовин, які як правило є важкорозчинними.

Особливе місце серед цих забруднювачів займають нафтопродукти та радіоактивні відходи. Одна крапля нафти утворює на поверхні води пляму діаметром 0,3 м. Найтонша плівка нафти ізолює воду від атмосферного повітря, змінює режим кисневого обміну, знижує випаровування та порушує екологічну рівновагу. Щорічно в океан потрапляє до 6 млн. т нафтопродуктів. Таке забруднення набуває глобального характеру. Викликає тривогу також ріст в окремих регіонах радіоактивності, що спричинено захороненням в океані радіоактивних відходів.

Глобального значення набуває забруднення Світового океану. Підраховано, що в його води щорічно надходить біля 25 млн. т заліза, близько 400 тис. т цинку, міді та марганцю, більше 180 тис. т свинцю і фосфору, до 3 тис. т ртуті. Товща океанських вод слугує гігантським фільтром, так як в них розкладаються, розчиняються та осідають на дно органічні і мінеральні речовини, які приносяться з континентів. Все це веде до порушення екологічної рівноваги між процесами забруднення та самоочищення вод. При відсутності ефективних заходів направлених на попередження забруднення Світового океану порушення рівноваги може стати катастрофічним.

Підземна гідросфера забезпечує біля 25% світового водопостачання (питного, технічного, господарського тощо). В зв'язку з цим зміна якості води внаслідок техногенезу

безпосередньо відображається і на водопостачанні. Хімічний склад підземних вод змінюється під впливом забруднення атмосфери, поверхневих водоймищ, снігового покриву, накопичення різноманітних відходів на поверхні Землі, внесенню добрив та отрутохімікатів, неправильного режиму зрошування, відходів промислових та побутових стоків, підземного захоронення промислових відходів, в тому числі і радіоактивних, витоку каналізації, нафтопродуктів, тощо.

Найбільших змін зазнають приповерхневі водоносні горизонти на території міст, промислових підприємств, агрокомплексів. Забруднення підземних вод скорочує водні ресурси необхідні людству. Зміна хімічного складу підземної гідросфери призводить до розвитку таких геологічних процесів, як засолення та цементация ґрунтів, хімічна суфозія, карст, розушільнення глинистих порід, тощо.

Окрім хімічного та біологічного забруднення важливим наслідком техногенної дії на гідросферу є нагрівання поверхневих та підземних вод, що зумовлене постійно підвищеною температурою стоків. Основним джерелом термальних стоків є металургійна промисловість та енергетика, особливо атомна. Температура підземних вод підвищується також за рахунок життєдіяльності міст та інших населених пунктів. Збільшення температури поверхневих та підземних вод під дією різних факторів може досягати 10-15 °C і більше, а це, відповідно, призводить до збільшення агресивності води та прискорює хід хімічних реакцій, що, в свою чергу, спричиняє ріст інтенсивності геологічної роботи підземних вод (розчинення порід, карст, тощо). Прогнозується, що в недалекому майбутньому підвищення температури води за рахунок дії техногенних процесів пошириться також і на прибережно-морські води океанів.

Важливим і надто небезпечним наслідком впливу техногенезу на гідросферу є зміна рівня поверхневих та підземних вод. За останні десятиліття різко змінився режим рік, у водосховищах вирівнюються сезонні коливання рівнів та витрати води, знижується швидкість течій. Тисячі дрібних річок під впливом діяльності підприємств та населених пунктів у зв'язку з

інтенсивним використанням і забрудненням води пересихають і, нерідко, зникають зовсім.

Зміни в підземній гідросфері здебільшого проявляються до глибини 100 м, але нерідко проникають і глибше. Зниження рівня підземних вод спричинене в основному їх відкачуванням з надр або зменшенням кількості надходження її з поверхні для живлення водоносних горизонтів. Це відбувається шляхом інтенсивного їх використання для водопостачання, при водовідливі і відкачках пов'язаних з гірничими та будівельними роботами, осушенні місцевості, зменшенні інфільтрації атмосферної води та ліквідації поверхневих горизонтів. При цьому зниження рівня води може носити локальний та регіональний, тимчасовий або тривалий характер.

Пониження рівня ґрунтових вод виникає в зв'язку з тривалою експлуатацією підземних вод у містах і промислових центрах. Діаметр так званих депресійних воронок може досягати десятків та сотень кілометрів, а глибина – десятків та сотень метрів. Ще більші за розмірами депресійні воронки виникають в районах видобутку корисних копалин у зв'язку з відкачуванням води з відкритих і підземних гірничих виробок.

Зворотнє явище – підвищення рівня води – зумовлене створенням водосховищ, каналів, ставків, озер, заводненням нафтових родовищ, витіканням води з штучних резервуарів, водопровідних та каналізаційних мереж, зрошуванням полів, тощо. Здебільшого величина підвищення рівня води змінюється в межах від 0,5 до 100 м, але в середньому вона становить 10-15 м. Максимальні підвищення до 60-100 м пов'язані з будівництвом гірських водосховищ.

Суттєві зміни під впливом техногенезу відбуваються і безпосередньо в *земній корі*. Насамперед це стосується її складу, який підлягає інтенсивним змінам у приповерхневій частині, що спричинене постійно зростаючим рівнем видобутку та використання мінеральної сировини. Видобувні роботи ведуть до зменшення в земній корі цілої низки хімічних елементів, які знаходились у певній природній рівновазі. Так, на сьогоднішній день з надр видобуто та штучно винесено на поверхню більше 100

млн. т міді, свинцю, цинку, олова та алюмінію. З усієї маси видобутих корисних копалин більшість з них вилучено за останні 20 років: нафти – 75%, вугілля – 40%, заліза – 50%, газу – 90%. Слід зауважити, що ці показники безупинно і дуже швидко ростуть далі. Припускається, що в найближчий час у поверхневій частині земної кори, внаслідок втрат при видобутку та переробці корисних копалин, підвищиться вміст окису заліза в 2 рази, свинцю – в 10 разів, ртуті – в 100, а миш'яку – в 150 раз.

Господарська діяльність людини здебільшого спрямована протилежно по відношенню до розвитку природних процесів. При використанні мінерального палива людина розпилює вуглець у земній корі. Мінеральні добрива цілеспрямовано розсівають на значних територіях. Таким чином спостерігається тенденція зміни природного геохімічного фону шляхом розсіювання хімічних елементів.

Перерозподіл речовини в земній корі не тільки змінює її склад, але й порушує природні процеси міграції хімічних елементів у природі, а передбачити наслідки такого явища поки що неможливо.

Інженерно-будівельна діяльність створює додаткове навантаження на товщу порід, що спричиняє, як правило локальні порушення останньої. Основними змінами, які зумовлюються будівельними роботами, слід вважати стиснення та ущільнення порід під окремими спорудами зокрема та населеними пунктами загалом. Через кожні 15 років площа земної поверхні, яка виділяється під будівництво, подвоюється і до 2000 року згідно з прогнозами вона складатиме 15% суходолу.

Найбільш значні порушення у будові земних мас виникають при гідротехнічному будівництві, при цьому природна рівновага може різко змінюватися в зв'язку з підвищенням критичної межі фізичного стану порід. Тектонічні порушення можуть бути також результатами різкої зміни властивостей гірських порід, спричинених, наприклад, перезволоженістю в результаті зміни умов природної фільтрації.

Гірничодобувна діяльність зачіпає безпосередньо надра, в зв'язку з чим і наслідки її здебільшого більш суттєві. Гірничобудівні та видобувні роботи порушують будову і структуру

масивів гірських порід, створюють значні порожнини (підземні гірничі виробки), які за масштабами переважають такі природні утворення як підземні карстові печери. При видобутку корисних копалин людина проникає на значні глибини. Так, наприклад, виробки родовища “Колар” в Індії досягають глибини 3800 м, а розробка золото-уранових руд в ПАР ведеться на глибині біля 4 км. На ще більші глибини проникають газові та нафтові бурові свердловини.

Вище зазначалось, що прохідка підземних гірничих виробок, видобуток твердих корисних копалин та супутніх порід, а також нафти, газу і підземних вод спричиняють порушення геостатичного поля і зумовлюють проявлення геодинамічних змін у верхній частині літосфери. При обваленні поверхні над гірничими виробками утворюються провали та вирви, які можуть досягати глибини у декілька десятків метрів. Локальні провали, або як їх ще називають “зони обвалення”, спостерігаються в багатьох районах видобутку руди та вугілля підземним способом. У випадку застосування при підземній розробці родовищ корисних копалин високопродуктивних систем без підтримки виробленого простору, подібні явища можуть набути дуже широкого розвитку, а це, відповідно, може призвести до катастрофічного руйнування земної поверхні.

Регіональні опускання територій, без формування провалів, можуть виникати в результаті зниження пластових тисків у зв'язку з відкачуванням з надр флюїдів та газів. Вони також можуть мати катастрофічні наслідки, так як опускання можливе до 5-10 м.

Значних змін під впливом техногенезу набуває *рельєф земної поверхні*. До основних факторів, які спричиняють ці зміни, можна віднести будівництво міст, доріг, гідротехнічних, енергетичних та інших споруд. Проте, найбільше сприяє збільшенню контрастності відміток поверхні гірничодобувна промисловість, тому що в даному випадку створюються як позитивні, так і негативні форми рельєфу. Така різниця чітко спостерігається в районах розробки родовищ корисних копалин відкритим способом (кар'єрами), де по сусідству з гірничими виробками складуються розкриті та скельні, або так звані “пусті” породи. На сьогоднішній день

глибина кар'єрів досягає 300-800 м, а в майбутньому проектується кар'єри глибиною до 1000 м і протяжністю кар'єрних полів 2-5 км. Складування в таких районах "пустих" порід та відходів переробки мінеральної сировини сприяють формуванню пасмо-горбистого техногенного рельєфу і тенденція постійного прискорення зміни рельєфу земної поверхні під впливом техногенезу на сьогоднішній день є домінуючою.

Як і в природному седиментогенезі, при техногенному також мають місце стадії денудації і акумуляції речовини. Від'ємні форми рельєфу зумовлені *техногенною денудацією* – переміщенням та зносом гірської маси. Позитивні – створюються завдяки *техногенній акумуляції* (відвали порід, терикони, греблі, хвостосховища, тощо).

Інженерно-будівельна діяльність має на меті нівелювання земної поверхні. Для цього пониження засипають, а підвищення підлягають зрізанню. На сьогоднішній день при будівництві та впорядкуванні території широкого розповсюдження набуло площове підвищення відміток. Для цього створюються штучні тераси висотою від 1 до 15 м, а також намиваються піщані масиви. Одночасно можуть знижувати відмітки рельєфу зрізаючи пагорби, терасові уступи, дюни, бархани та інші позитивні форми. Величина зрізу може досягати 50 м і більше, а масштаби таких робіт, особливо в гірських районах досить значні.

Таким чином загальні закономірності техногенного перетворення рельєфу включають: тенденцію до нівелювання останнього, поступове знищення природних мікроформ рельєфу, розвиток позитивних та негативних мікроформ у гірничодобувних районах з тенденцією переваги позитивних відміток над негативними за рахунок видобутку гірської маси з надр та складування відходів виробництва на поверхні.