
Звітрювання

Комплекс змін, яких зазнають гірські породи та їхні складові (мінерали) на поверхні землі під дією атмосфери, гідросфери та біосфери, називають *звітрюванням*. Ці зміни є як фізичними, так і хімічними. Приповерхневу зону земної кори, де відбуваються процеси звітрювання, називають сферою звітрювання. Глибина сфери звітрювання залежить від геологічної будови, клімату та глибини проникнення ґрунтових вод і становить від кількох до кількох десятків метрів. Залежно від чинників, які беруть участь у процесах звітрювання, виділяють

- *механічне звітрювання (фізичне)*, унаслідок якого породи піддаються подрібненню без зміни хімічного складу;
- *хімічне звітрювання*, унаслідок якого настає розкладання порід, змінюється хімічний склад мінералів у породі.

Механічне звітрювання

Головні процеси, завдяки яким породи піддаються дезінтеграції, такі:

- нерівномірне розширення і стискання мінералів під час нагрівання й вистигання поверхні та внутрішніх частин гірських порід;
- ріст чужих кристалів (солей, льоду) у тріщинах та порах порід;
- нерівномірне розширення породи, зумовлене зниженням тиску внаслідок зменшення навантаження, яке настало після виходу її на поверхню.



Головним чинником механічного звітрювання є добові коливання температури. Внаслідок розширення і стиснення зерен (кристалів) зменшується сила зв'язку між ними, що в кінцевому підсумку може призвести до розсіпання твердої породи на окремі мінеральні зерна.

Тут ідеться про руйнування зернистих порід. Такий процес характерний для полімінеральних порід (наприклад, граніти).

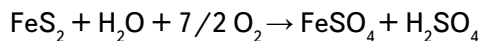
Якщо порода приблизно однорідна, то під впливом нагрівання сонячним промінням і змінного розширення поверхневої та внутрішніх частин окремого уламка відбувається **луцнення (відлусковування, або десквамація)**. Настає воно внаслідок утворення тріщин, паралельних до поверхні уламка (брили). Розширення та стискання породи можуть призвести до виникнення невидимих перед тим різнонапрямлених тріщин, які розділяють великі скельні блоки на дрібніші частини. Чим значніші перепади температури, тим швидше відбувається процес руйнування скель, який називають **блоковим розпадом**.

Важливим чинником механічного звітрювання є дія морозу. Об'єм води, що замерзає, збільшується. Утворений лід розширює щілини і пори в породі. Цей чинник має значення в горах і на полярних просторах. Дію замерзлої води називають **морозним звітрюванням (заморожуванням)**.

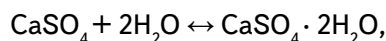
Хімічне звітрювання

Найважливішу роль у хімічному звітрюванні відіграє вода, оскільки всі хімічні реакції процесу звітрювання пов'язані з водою, а також з розчиненими в ній неорганічними й органічними компонентами. Дія води та активних іонів, які в ній містяться, полягає передусім у перебігу реакцій розчинення, окислення та відновлення.

Процеси **окислення** в земній корі досягають аж дзеркала ґрунтових вод. Цю зону називають **зоною оксидації (окислення)**. Внаслідок окислення утворюються нові мінерали, а також змінюється первісне забарвлення порід. Пірит (FeS_2) у процесі окислення переходить у сірчисте залізо:



Гідратація полягає в приєднанні частинок води. Завдяки цьому ангідрит (CaSO_4) під час гідратації переходить у гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$):

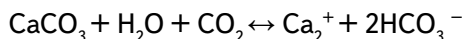


а гематит (Fe_2O_3) – у лімоніт ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).



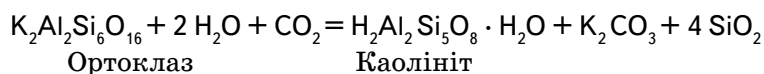
Процеси відновлення зумовлені, головню, діяльністю бактерій або розкладанням органічної речовини.

Значну роль у хімічному звітрюванні відіграє *карбонатизація*, тобто дія на породи двоокису вуглецю, розчиненого у воді. Вапняки, утворені карбонатом кальцію (CaCO_3), слабко розчинні в чистій воді. Їхня розчинність десятиразово зростає, якщо вода насичена двоокисом вуглецю. Розчинення відбувається за такою реакцією:



Це зворотна реакція. Якщо у воді є надлишок CO_2 , то вапняк розчиняється, а якщо кількість CO_2 зменшується, то відбувається осадження карбонату кальцію.

Важливим є процес хімічного звітрювання силікатів під впливом води та двоокису вуглецю; у цьому разі утворюються різні глинисті мінерали, зокрема і каолінит. Процес, що веде до його утворення, називають *каолінізацією*. Найбільше його зазнають усі калішпати:



Каолінит, як нерозчинний, залишається на місці звітрювання.

Роль біосфери в процесі звітрювання

У механічному та хімічному звітрюваннях важливу роль відіграють живі організми. Коріння рослин проникає в тріщини породи і в міру росту розширює їх. Цьому сприяє проникнення води та повітря в глибину по щілинах. Рийні тварини, такі як кроти, прокладаючи ходи в приповерхневих шарах землі, сприяють доступу повітря та води в товщі порід, розміщених нижче.

Хімічну дію спричиняють також соки коренів рослин, які розкладають певні мінерали, що полегшує рослинам засвоєння мінеральних поживних речовин (головню калію та фосфору). Важливими є мохи та лишайники, які ростуть на голих скелях, розкладаючи їх та готуючи основу для заселення вищих рослин. Значення мають також азотні бактерії, під впливом яких нерозчинні азотовмісні сполуки переходять у легше розчинні азотани (нітрати).



Продукти звітрювання

Продуктом хімічного та фізичного звітрювання є *звітріла поверхня*, яка утворюється на скелях. За умов фізичного звітрювання продукти звітрювання найчастіше переносяться гравітаційно по схилу. Якщо ж звітрюванню піддається полога поверхня, то продукти звітрювання залишаються на місці, пізніше їх можуть переносити біжучі води, вітри або льодовики.

Продукти хімічного звітрювання дуже часто нерозчинні й складені глинистими мінералами з дуже малими розмірами кристалів. Унаслідок цього глинисті мінерали утворюють покриви, що обгортають породи, які зазнали хімічного звітрювання.

Масивні або грубошаруваті породи під впливом механічного звітрювання часто розділяються на блоки. Завдяки цьому на місці звітрювання утворюються розсипища гострокутних блоків різних розмірів. Їх називають *розсипами, кам'яними морями*.

Якщо продукти механічного звітрювання скочуються вниз по схилу, нагромаджуючись біля його підніжжя, то утворюються висипні конуси.

У випадку, коли породи піддаються хімічному звітрюванню, унаслідок якого частина матеріалу переходить у розчин, а нерозчинна частина залишається на місці, на поверхні формується *елювій*. У разі звітрювання порода, що містить нерозчинні корисні мінерали, нагромадження цих мінералів називають *елювіальними покладами*. Найпростішим елювієм є глини звітрювання. Особливий продукт звітрювання в гарячому кліматі – *латерити* вишневого, червоного, коричневого забарвлення, представлені переважно гідроксидами алюмінію та заліза, а також *боксити* (це викапні латерити, які є цінною сировиною для виробництва алюмінію).

Звичайний прояв звітрювання – зміна вигляду поверхні породи. В сухому кліматі часто виникають пустельні (емалі) загари. Ґрунтові води, які містять розчинні солі, просякають капілярами вгору, а в приповерхневих частинах порід з них випадають мінерали й утворюється покрив (наприклад, із силіцитів) або прекрасні троянди пустелі (сформовані головню гіпсом).

Продукти звітрювання залежать не лише від характеру процесів звітрювання, а й від породи, яка зазнає звітрювання. Тера роса (червона земля) є, наприклад, залишками хімічного звітрювання карбонатних порід, переважно вапняків. Складається вона з гідроксидів алюмінію і заліза, які надають їй характерного червоного забарвлення; утворюється загалом у теплому і вологому кліматі.



Біля джерел ґрунтових вод випадають комплекси залізистих і манганових мінералів, які містяться в водах, формується кільце коричневого або жовтого кольору, а вище – відбілені фрагменти.

Перигляціальне звітрювання

Звітрювання, характерне для полярних широт та районів тривалого замерзання, називають *перигляціальним звітрюванням*. У зонах тривалих

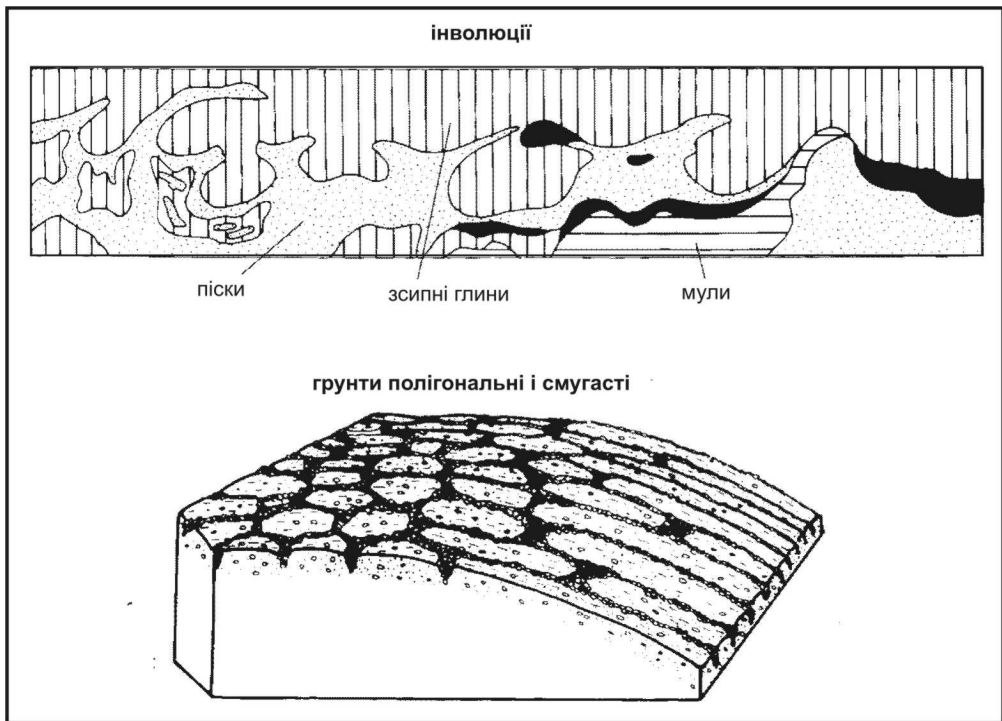


Рис. 56. Інволюції, а також полігональні ґрунти та смуги, за М. Ксьонжкєвічем зі змінами

холодів лід виповнює пори і щілини, а також утворює клини, прошарки та неправильні форми, складені майже чистим льодом. Місцями цей лід розтає. Існування замерзлих та розморожених шарів під поверхнею землі створює особливі умови дії морозу на ґрунт. Наприклад, завдяки цьому виникають деформації ґрунту, які називають *кріотурбаційними*.

Інволюції – це деформації в приповерхневому шарі ґрунту. З наближенням промерзання зверху до поверхні вічної мерзлоти матеріал порід



зазнає зминання і деформування. Зокрема, глини можуть бути видавлені в піски, гравій може переміщатися крізь глини і піски тощо (рис. 56).

Полігональні ґрунти (див. рис. 56) – це кам'янисті структури у вигляді поліблоків, звичайно шести- або п'ятикутних з діаметром 1–7 м. У центральній частині блоків матеріал дрібніший, а їхні крайові частини складені більшими кутастими уламками. Вони формуються внаслідок виштовхування вгору ґрунту в процесі замерзання, через що виникають невеликі випуклості, з яких виштовхнуті на поверхню більші породні відламки скочуються на боки.

Смугові ґрунти (див. рис. 56) є на узбіччях і розвиваються з полігональних ґрунтів під час сповзання по схилу.

Звітрювання та клімат

Характер звітрювання та його продукти значно залежать від клімату. В *полярному кліматі* переважає механічне звітрювання (переважно морозне). Продуктами звітрювання є блоки порід різних розмірів, а також полігональні ґрунти та кріотурбації.

У *помірному кліматі* діє як механічне, так і хімічне звітрювання. Продуктами звітрювання тут є схилі осипи, кам'яні розсипи та глини звітрювання.

У *гарячому посушливому кліматі* переважає механічне звітрювання, зумовлене сонячним нагріванням. Головні продукти звітрювання – це брилові форми, карбонатні та силіцитні “емалі”, вицвіті солі. У *вологодому гарячому кліматі* провідну роль відіграє хімічне звітрювання. Продуктами звітрювання є глини звітрювання у формі латеритів. Форми звітрювання приховані через маскування елювієм. Клімат також впливає на швидкість звітрювання. Воно відбувається швидше у вологодому кліматі.

Характерні форми звітрювання в морфології території

Продукти механічного звітрювання загалом можуть бути перенесені в інше місце (наприклад, вони скотились униз по схилу, їх переніс водний потік та ін.). Отже, надалі звітрювання зазнаватиме свіжа скельна поверхня. Морфологічні форми, що розвинулися внаслідок механічного звітрювання, найчастіше мають гострі свіжі кутасті злами.



Нерозчинні продукти хімічного звітрювання дуже часто залишаються на місці. З одного боку, вони утруднюють подальший процес звітрювання, з іншого, – згладжують нерівності поверхні. Звітрілі форми внаслідок хімічного звітрювання мають переважно згладжені обриси.

Специфічними формами звітрювання є *цукрові голови*, які трапляються в спекотних зонах. Це заокруглені пагорби та узгір'я, найчастіше представлені гранітами. Заокруглені форми виникли шляхом відлускування та хімічного звітрювання. Звітрювання також призводить до виникнення *скельних грибів*, що утворюються внаслідок осипання породних блоків уздовж перпендикулярних поверхонь тріщин та інтенсивнішого руйнування (переважно вітрами) нижніх частин скельних блоків.

Глинисте і латеритне звітрювання

Глинисте звітрювання – це форма звітрювання хімічного. Під його впливом виникають утворення силіцитів, оксидів й гідроксидів, оксидів заліза й алюмінію з дуже складною кристалохімічною структурою, так звані глинисті мінерали. Найважливішими *глинистими мінералами є іліт, каолінит, монтморилоніт*. Їхнє утворення пов'язане не лише з корінними породами, а й з температурою, вологістю та рН.

Унаслідок латеритного звітрювання формується суміш окислів і гідроксидів алюмінію та заліза. Від продуктів глинистого звітрювання вони відрізняються тим, що не містять мінералів, у яких оксид алюмінію хімічно зв'язаний з кремнеземом. Латерит є масивним твердим утворенням, яке загалом не пропускає води. Латеритні покриви характерні для гарячого клімату.

Ґрунти та їхні відміни

Там, де не діють чинники, що інтенсивно усувають продукти звітрювання, ці продукти нагромаджуються і покривають породи, які безпосередньо зазнають зовнішніх впливів і перетворюються під дією органічного світу. Такий покрив називають *ґрунтом*, а процеси формування ґрунту – *ґрунтоутворенням*.

Головними чинниками ґрунтоутворення є характер материкової породи і клімат. Добре розвинутий ґрунт (рис. 57) складений кількома рівнями, з якими ознайомимосся на прикладі підзолу.

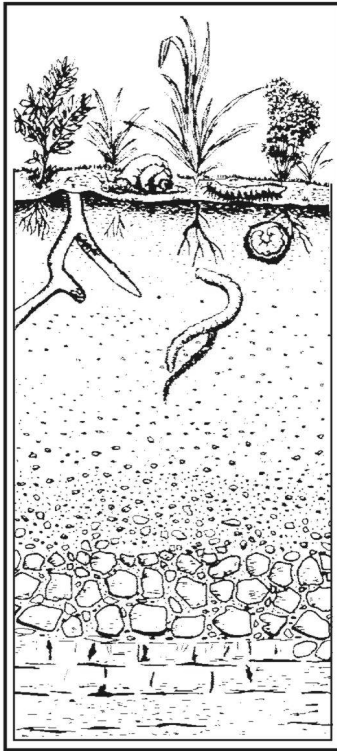


Рис. 57. Ґрунтовий профіль



Рис. 58. Профіль підзолистого ґрунту, за Т. Щепаніком

Підзолисті ґрунти займають досить значні простори. В їхньому розвитку провідну роль відіграє лісова рослинність хвойних і змішаних лісів. Такий ґрунт виникає в процесі опідзолювання. Опади вимивають з лісової підстилки органічні та неорганічні компоненти, які, реагуючи з компонентами порід, що залягають нижче, розчиняють сполуки заліза і відбілюють породи (це **зона вимивання**); біля поверхні ґрунтових вод їхній хімізм змінюють води, що просочуються зверху, і тут випадають попередньо розчинені у воді сполуки заліза і мангану – це **зона вливу** (рис. 58). Нижче залягають корінні породи.

Бурі ґрунти утворюються замість підзолистих під покривом листяних лісів (інколи змішаних), якщо внизу розвинуті породи, збагачені карбонатом кальцію. Вони не мають характерних для підзолистих ґрунтів рівнів вимивання та вливу.

Багатими на перегній є, зокрема, чорноземи: у них потужність шару з перегноєм може досягати 1 м. Чорноземи утворюються на лесах під покривом трав'янистої рослинності. В Україні вони займають досить ве-



ликі простори в степовій частині. Близькі до чорноземів *чорні болотисті землі*, які формуються на перезволожених і багнистих теренах. Серед інших треба назвати *мади* (грунти річкових долин), *латеритні ґрунти*, а також *гірські ґрунти* із слабо розвинутим профілем, що свідчить про початкову стадію їхнього розвитку.

Підводне (підморське) звітрювання

Морська вода діє на мінерали, які містяться в осаді, як і прісні води, – розчиняючи їх. Такі процеси називають підводним (підморським) звітрюванням, або *гальмеролізом*. Підсилюють його також нагромаджені на дні органічні рештки, які під час розкладання виділяють аміак, сірководень та інші хімічні сполуки, що вступають у реакції з мінералами осадів морського дна.

Одним із найважливіших продуктів підводного звітрювання є *глауконіт* – водний силікат заліза і калію зеленого кольору. Інший продукт підводного звітрювання, який часто знаходять в осадах, – *бентоніт*, який утворюється внаслідок розкладення вулканічного попелу.

Великі території дна Тихого океану займають *червоні глибоководні мули*, які теж вважають частково продуктами підводного звітрювання; у їхньому складі є водні алюмосилікати, а також оксиди заліза і мангану.

Роль звітрювання в утворенні покладів мінеральної сировини

Процеси фізичного та хімічного звітрювання приводять до формування *покладів звітрювання* двох типів.

Стійкі до звітрювання корисні компоненти можуть концентруватися у звітрілих породах, тоді як інші зазнають вимивання, розчинення і винесення за межі новоутвореного покладу. Такі утворення називають *елювіальними покладами*. Отже, з масивних порід, що містять невеликі кількості розсіяного золота, алмазів або платини, можуть утворитися поклади золотоносних, алмазозносних або платиноносних пісків. Приклад таких покладів – каситеритові (оксид олова SnO_2) розсипища, які виникають унаслідок звітрювання гранітів, що містять цей мінерал.

У разі хімічного звітрювання в звітрілих комплексах можуть утворитися цілком нові форми з іншим мінеральним і хімічним складом, ніж первинні корінні породи. Прикладом таких покладів є каоліни – хімічна

сировина. Каоліни формуються шляхом звітрювання, наприклад, гранітів. Хімічне звітрювання є причиною утворення бокситів.

Звітрювання може змінити вже наявні поклади мінеральної сировини. На колчеданових (сульфідних) покладах різних металів дуже часто утворюється *залізна шапка*, складена переважно лімонітом ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$); формується вона головню внаслідок розкладення піриту (FeS_2), який міститься в сульфідних покладах. Залізна шапка часто є важливою розшуковою ознакою для знаходження покладів металевих руд.