

### 5.2.9. Гравітаційні процеси

Гравітаційні процеси – це процеси, які зумовлені дією сили земного тяжіння і проявляються через переміщення гірських порід з підвищених ділянок рельєфу в понижені. Відповідно, вони проявляються на схилах гір, долин рік, ярів, балок, берегових схилах морів та озер, на похилому морському дні і здебільшого називаються **схилувими процесами**. Причиною виникнення таких процесів, насамперед, є порушення стійкої рівноваги, в якій знаходяться гірські породи на поверхні Землі. Це можливе у випадках землетрусу, додаткового навантаження на породи, вилучення певної маси породи з підніжжя схилу в результаті підмивання рікою (ерозія), морем (абразія), а також при різноманітних видах діяльності людини. Всі ці фактори спричиняють рух маси гірських порід. Слід зазначити, що такому руху сприяють усі інші геологічні процеси, які призводять до руйнування зв'язків між мінералами в породі (вивітрювання, геологічна діяльність вітру), а також зменшенню зчеплення між поверхнею схилу та тілом яке рухається (геологічна робота поверхневих і підземних вод тощо).

Геологічна робота гравітаційних процесів зводиться до наступного: 1) руйнування гірських порід у верхніх частинах схилів; 2) переміщення зруйнованого матеріалу під дією сил гравітації до підніжжя схилу (основна частина процесу); 3) накопичення маси гірських порід у понижених ділянках схилу та біля його підніжжя. В результаті цієї роботи утворюються відклади, які називаються **колювієм** (лат. “*коллювіо*” – скупчення).

Колювіальні відклади складаються з різноманітних за складом і розміром уламків порід: брил, щебінки, алевритових і пелітових часток. Для них характерне слабе сортування матеріалу, відсутність верстуватості і різка зміна потужностей. Сучасні колювіальні відклади можуть бути пухкими або слабо зцементованими.

Гравітаційне переміщення уламків порід може відбуватися дуже швидко, майже миттєво (обвали, каменепали), або сповзати

дуже повільно. Останнє називається **крипом** (анг. “*крип*” – *повзти, ковзати*).

У гравітаційних процесах значна роль належить підземним водам. Вони через вилуговування та вимивання окремих мінералів утворюють порожнини і тим самим послаблюють зв'язки між верствами які їх підстелюють і перекривають, змочують поверхню глинистих порід, що робить її ковзкою і сприяє руху поверхневих мас гірських порід.

Поверхневі води також відіграють значну роль у формуванні гравітаційних процесів. Вони наповнюють пухкі відклади, що також порушує внутрішні зв'язки в певному масиві і сприяє переміщенню порід у вигляді в'язких або рідких потоків вниз по схилах. Як приклад можна навести рух селевих потоків і опливи. Води океанів, морів, озер і водосховищ зумовлюють переміщення осадків по похилому дну.

Як впливає з наведеного, в гравітаційних процесах і формуванні колювіальних відкладів приймають участь різноманітні чинники, проте головними при цьому є сила тяжіння і вода, тобто **гравітаційний та аквальний фактори**. Враховуючи значення води при переміщенні мас гірських порід під впливом сил тяжіння, гравітаційні процеси можна розділити на чотири категорії; 1) власне гравітаційні, 2) водно-гравітаційні, 3) гравітаційно-водні і 4) підводно-гравітаційні. Категорії, залежно від характеру переміщення порід поділяються на групи, а ті, в свою чергу, на типи (табл. 5.2).

**Власне гравітаційні процеси**, як видно з таблиці 5.2., поділяються на три групи: провальні і обвальні, що відбуваються швидко та раптово, і крипові, розвиток яких відбувається повільно. Однією з умов формування **провальних** процесів є наявність підземних порожнин. Під дією сили тяжіння породи, які перекривають ці порожнини провалюються. Безпосередньою причиною виникнення провалу можуть бути землетрус, вибух, збільшення навантаження на породи розташовані над порожнинами. Величина зміщення, форма та розміри провалів залежать від розмірів підземних порожнин. Внаслідок провалів на поверхні утворюються ями, колодязі, котловини та інші

від'ємні форми рельєфу. Дуже часто провали виникають в гірничих виробках (шахтах, штольнях, штреках тощо), особливо тих які перестали експлуатуватися. Якщо провал виникає на значних глибинах, то на поверхні він може і не проявлятися. При провалах, а також вивалах характерних для підземних карстових порожнин, таких як печери, гравітаційне переміщення маси гірської породи відбувається вертикально і дуже швидко, здебільшого моментально і носить катастрофічний характер.

Таблиця 5.2.

**Класифікація гравітаційних процесів**  
(за О.Ф.Якушовою, В.Ю. Хаїним, В.І. Славіним)

Категорія	Група	Тип
Власне гравітаційні	Провальна	Раптові провали
	Обвальна	Обвали прості та складні, зсуво-обвали, каменепади, осипи, вивали
	Крипова	Просадка, крип схиловий
Водно-гравітаційні	Осувні	Осуви: брилові, блокові, терасоподібні, циркоподібні
Гравітаційно-водні	Осувно-потоківі	Осувні потоки, опливи, грязьокамінні потоки (селі), лахари
Підводно-гравітаційні		Підводні обвали, підводні осуви, каламутні потоки

Друга група власне гравітаційних процесів – *обвальних*, розвивається на прямовисних і крутих схилах. Причиною їх виникнення є утворення під впливом фізичного вивітрювання (здебільшого при замерзанні води) системи паралельних простяганню обриву тріщин, які поступово розширюються та відокремлюють певний блок породи від корінного масиву. Одночасно цей блок зазнає незначного нахилу в бік схилу і під впливом дії сили тяжіння поступово продовжує відокремлюватися аж до повного відриву від масиву. При ударі, який виникає в результаті падіння блоку на схил, породи

подрібнюються на різні за розмірами брили, що утворюють обвальний колювій. Можливе поступове відокремлення по тріщинах від блока окремих брил, що зумовлює виникнення складного багатофазового обвалу.

Обвали, які спричинені землетрусами можуть бути значними за масштабами. Так, у 1911 році на Памірі обвалилася маса порід об'ємом 8 млрд. т. В результаті було перегороджене русло ріки Мургаб, а висота греблі, яка при цьому утворилася сягала 600 м. На Україні подібні обвали спостерігаються в Гірському Криму. Тут у 1894 році обвалилася частина гори Південної Демерджі довжиною 460 м і шириною 300-400 м (рис. 5.58). Загальний об'єм порід, що обвалився, перевищував 7 млн. м<sup>3</sup>. Такий обвал відноситься до категорії катастрофічних. У результаті було зруйноване розташоване біля підніжжя гори село Демерджі. Сьогоднішніми свідками потужності обвалу є гігантські брили конгломератів, вага окремих з них досягає 2-3 тис. т.



*Рис. 5.58. Обвальний колювій біля підніжжя гори Південна Демерджі в Кримських горах.*

До гравітаційних явищ відносяться також **каменепади**, які виникають в результаті відриву від масиву гірських порід невеликих брил, які в процесі переміщення по схилу можуть відбивати інші брили, поступово збільшуючи їх кількість. До цієї групи відносяться також і **осипи**, які утворюються в результаті

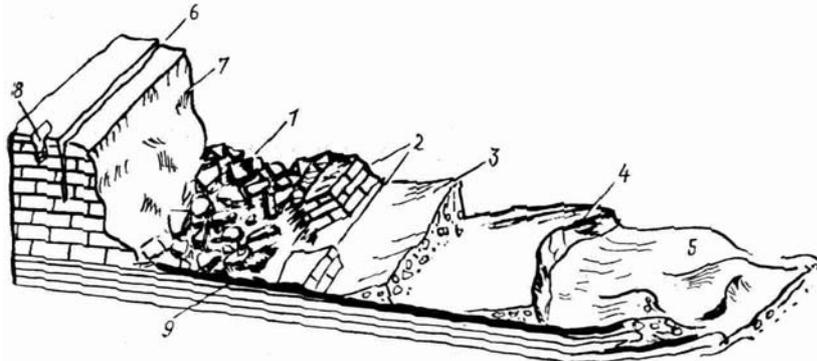
переміщення по схилу під впливом сили тяжіння щебінки і дрібних уламків гірських порід.

**Крипова група** власне гравітаційного процесу об'єднує явища, пов'язані з повільним переміщенням поверхневих дезінтегрованих відкладів, як на глибину (**глибинний крип**) у вигляді просідання та прогинання порід, так і вниз по схилах – **схиловий крип**. Причиною виникнення крипу є ущільнення на глибині пухких пластичних порід (лесів або глин), утворення на глибині в результаті відтаювання та замерзання води розущільненої речовини (**кріогенний крип**), вилуговування окремих мінералів, відкачування підземної води, видобуток нафти та газу, тощо (**антропогенний крип**). В результаті крипу на поверхні виникають тарілкоподібні улоговини, а також на схилах відслонюються корінні породи з нагромадженням біля їх підніжжя колюв'яльних відкладів.

**Водно-гравітаційні процеси** характеризуються переміщенням по схилах значних мас гірських порід, і їх ще називають зсувами. Переміщенню можуть підлягати цілі блоки гірських порід і тоді говорять про блоковий осув, або окремі брили (бриловий осув). Переміщенню можуть підлягати, як маси корінних порід зі збереженою первинною текстурою, верстуваті тріщинуваті породи, так і пухкий елювій, або утворені раніше на схилах колюв'яльні і делюв'яльні відклади. Осувним процесом може бути охоплений весь схил, його частина, або частина долини яру. Такі ділянки земної поверхні, де мають місце осувні явища називають осувними районами. Вони характеризуються своєю будовою, з властивими тільки їм елементами рельєфу, серед яких у верхній частині осувного схилу чітко виділяється, крута увігнута до середини стінка, або стінка відриву тіла осуву, вирівняна ділянка схилу називається ложем осуву, а переміщена маса гірської породи – тілом осуву (рис. 5.59).

**Ложе осуву** – це частина схилу по якій відбувається переміщення відірваної маси гірських порід. Від кута нахилу ложа залежить інтенсивність руху осуву. Осув порід відбувається починаючи з нахилу ложа більше  $5^\circ$ , а на дні океанів, морів та інших водоймищ цей показник знижується до  $1^\circ$ .

**Тіло осуву** може мати різні розміри та форму, проте, здебільшого, воно обмежується зверху нерівною, горбистою площадкою, нахиленою в сторону схилу, а фронтальна частина має вигляд крутого горбистого схилу похилого в напрямку руху осуву. У випадку, коли верхня площадка характеризується рівною поверхнею паралельною до схилу, тіло осуву нагадує річкову терасу, а сам осув називають **терасоподібним**. Здебільшого поверхня тіла осуву в плані нагадує напівцирк, в такому випадку говорять про **циркоподібні** осуви.



**Рис. 5.59. Типи колюв'яльних тіл і будова району осуву.**  
 1 – обвальне; 2 – блоково-осувне; 3 – терасоподібне; 4 – циркоподібне; 5 – горби випирання; 6 – тріщини відриву; 7 – стінка відриву; 8 – провал; 9 – ложе осуву.

Ложе осувів, здебільшого, складають глинисті породи, які одночасно виконують роль водотриву, в зв'язку з чим породи, що залягають вище завжди знаходяться у перезволоженому стані завдяки накопиченню в них води. Наявність води послаблює зв'язки між ложем та породами, які на ньому залягають, що і є однією з причин виникнення осувів. Це дозволяє відносити осуви до водно-гравітаційних явищ.

Тіла осувів у порівнянні з обвальними рухаються набагато повільніше і характеризуються фазовими змінами швидкості руху. Так, наприклад, встановлено, що дуже поширені в

минулому у Гірському Криму осуви рухалися зі швидкістю 0,1-100 м за рік. При цьому мали місце фази швидкого руху, які змінювалися повільнішим або навіть періодами тривалого спокою. Окремі частини осувного тіла також рухаються з різною швидкістю, що зумовлює утворення тріщин, внутрішніх стінок відриву, а в блокових і брилових осувах – численних дрібних обвалів, а іноді і цілковитого руйнування блока. Осуви, що руйнуються в процесі руху відносять до обвального-осувного типу. Виникнення осуву та активізація осувного процесу можуть бути обумовлені різними причинами, що, відповідно, зумовлює формування осувів різного типу. Так, наприклад, посилення тиску на верхню частину тіла осуву призводить до утворення осувів *детрузивного* (зштовхування) типу. При розвантаженні нижньої частини схилу шляхом створення порожнин, які послідовно заповнюються окремими сегментами тіла осуву, утворюються *деляпсивні* (які вільно ковзають) осуви. У випадках, коли підмивання схилу обумовлене геологічною роботою морських хвиль, осуви, що виникають при цьому, відносять до *абразивного* типу. При руйнуванні підніжжя схилів долин течією ріки утворюються *ерозійні* осуви, а при землетрусах – *сейсмогенні*. Осуви, які спричинені діяльністю людини називаються *штучними*, або *антропогенними*.

За розмірами та об'ємами тіла осувів бувають самими різноманітними, від перших метрів довжиною і об'ємом в перші десятки м<sup>3</sup> маси гірських порід, до перших кілометрів і об'ємом в сотні млн. м<sup>3</sup>. Так, наприклад, на північному схилі Кавказьких гір, у Дагестані утворився осув довжиною 2 км і об'ємом маси гірських порід більше 200 млн. м<sup>3</sup>. На Україні значні за розмірами осуви характерні для районів Карпат і Гірського Криму. Дрібні осуви найчастіше розвиваються на схилах ярів та балок і більшість з них належать до антропогенних, тобто зумовлених діяльністю людини.

**Гравітаційно-водні процеси** – це гравітаційні явища в формуванні яких суттєва роль належить як підземним, так і поверхневим (атмосферним) водам. Твердий дезінтегрований (подрібнений) матеріал при цьому процесі переміщується з місця

первинного залягання не шляхом обвалювання або ковзання, як при попередніх процесах, а своєрідним плином “твердого” потоку. Серед гравітаційних явищ даної категорії виділяють наступні типи: осувні потоки, опливи, селеві грязьокам’яні потоки, потоки вулканогенних порід (лахари) та інші. Здебільшого явища цієї категорії найбільш активно проявляються в періоди танення снігів або сильних дощів. У даному випадку гірські породи просякнуті водою в результаті чого порушуються зв’язки між окремими частками та зернами породи, вони розріджуються і набувають здатності текти. Так виникають **осувні потоки**, які здебільшого поширені вздовж долин рік та струмків.

В осувних потоках маса гірських порід втрачає первинну текстуру в зв’язку з чим після відкладення та висихання коллоїд являє собою накопичення окремих грудок ґрунту з включеннями незначних за розмірами фрагментів тіла осуву в якому збереглась первинна текстура породи. Поверхня осувного потоку завжди горбиста, а форма тіла еліпсоподібна або сильно видовжена і нагадує тіло долинного гірського льодовика за що іноді їх називають **глетчерними** осувами. У нижній частині при виході з долини такий осув віялоподібно розширюється і нагадує конус виносу.

**Опливами** називають невеликі за розмірами та віддалені на незначні відстані від місця їх зародження грязьові потоки. Вони нагадують селі, але значно менші за масштабами.

**Селеві потоки** (араб. “сель” – бурхливий потік), які в Альпах ще називають **мурами**, також належать до гравітаційно-водних явищ. У їх формуванні та розвитку основна роль належить дощовим, зливовим та річковим водам, і в меншій мірі – підземним. Проте, гравітаційні сили, як фактор виникнення селів, є невід’ємною складовою процесу селеутворення.

Залежно від розмірів уламкового матеріалу, що переноситься селевими потоками, серед них розрізняють грязьокам’яні, в яких вміст крупних і дрібних уламків знаходяться приблизно в однаковому співвідношенні; водно-кам’яні, в яких переважають великі уламки порід валунної та брилової розмірності (рис. 5.59);

і грязьові потоки, представлений сумішшю води та глинистого матеріалу, а великі уламки зустрічаються дуже рідко.

Кінцевим продуктом селевих потоків є *селевий колювій*, який являє собою нагромадження невідсортованого різноуламкового матеріалу з переважанням в одних випадках валунів, брил, щебінки, а в інших – глини або піску. Грубий колювій, що розташований в гирловій частині струмка, по якому рухався селевий потік, може піддаватися вторинному сортуванню матеріалу шляхом вимивання з нього водами струмка дрібних частинок і їх перевідкладення нижче за течією.

Селеві потоки в умовах континентального клімату виникають здебільшого під час або після сильних зливових дощів. Селевий колювій накопичується здебільшого в передгірських районах і міжгірських западинах, де складає потужні (до десятків і сотень метрів) товщі, представлені пухкими грубоуламковими відкладами. Найчастіше місцем зародження селевих потоків є гірські області. Вони поширені на Кавказі, в Середній і Центральній Азії, а в межах території України селеві потоки поширені в Карпатах і Гірському Криму.

Селеві потоки справедливо відносять до класу природних надзвичайних ситуацій, тому що вони наносять велику шкоду і нерідко призводять не тільки до значних матеріальних, але й людських втрат. Так, у 1921 році селевий потік, який затопив і зруйнував частину міста Алма-Ати в Казахстані спричинив загибель декількох сотень людей. У 1940 р. селевий потік, який пройшов по долині р. Баксан на Північному Кавказі виніс в підніжжя гір близько 3 млн. м<sup>3</sup> твердого матеріалу серед якого була велика кількість брил розміром більше 1 м<sup>3</sup>. На Памірі сель, маса якого складала сотні кубічних метрів глинистого матеріалу, валунів і інших уламків гірських порід за декілька хвилин перекрив русло гірської ріки і “збудував” греблю, вище якої впродовж трьох діб утворилося озеро довжиною більше 2,5 км.

Грязьокам’яні потоки, подібні до селевих, виникають також і на схилах діючих вулканів. Вони спричинені зливовими дощами або талими водами, які формуються після виверження. Ці потоки води захоплюють пухкі вулканічні породи, якими складені схили

вулканів і переносять їх до підніжжя. Такі вулканічні грязьокам'яні потоки називаються *лахарами*.

**Підводно-гравітаційні процеси** відбуваються на дні океанів, морів та інших водоймищ. Найпоширенішими серед них є підводні осуви. Вони виникають на відносно крутих схилах, коли осадки починають осуватися під впливом власної ваги, або під впливом навантаження спричиненого тілом осуву, яке спускається в океан, море, озеро, інше водоймище з берега. Такі осуви можуть охоплювати весь схил, або переміщуватися по підводних каньйонах, улоговинах і інших локальних пониженнях на дні. Причиною виникнення желеподібних каламутних потоків на дні морів та океанів, які переміщують значну кількість уламкового матеріалу в завішеному стані, можуть бути також і підводні течії. При акумуляції матеріалу перенесеного каламутними потоками формуються своєрідні відклади, які називаються *турбідітами*. Вони складені рівновеликими уламками гірських порід принесених з суходолу, або тих, що утворилися безпосередньо у водоймищі, зцементованих глинистим матеріалом. Такі відклади здебільшого нагромаджуються біля підніжжя материкового схилу, або на дні глибоководних западин.

Вище вже зазначалось, що гравітаційні явища наносять людині велику шкоду. Вони виникають несподівано, раптово і здебільшого носять миттєвий характер (наприклад обвали) що призводить до катастроф, які передбачити дуже важко. Тільки детальне вивчення та тривале спостереження за динамікою всіх факторів, які обумовлюють гравітаційні процеси, можуть сприяти їх попередженню. Провісниками виникнення обвальо-осувних явищ можуть бути тріщини на схилах і їх швидке розширення, а спостереження за режимом поверхневих і, особливо, підземних вод дає можливість передбачити розвиток гравітаційно-водних процесів (осувів, селів тощо).

Конкретні заходи по боротьбі з осувами зводяться до наступного: потенційні осувні схили слід закріплювати шляхом засадження чагарниками і деревами з добре розвинутою кореневою системою, або проводити штучне терасування схилів;

біля підніжжя схилів які зазнають осування споруджуються підпірні стінки; поверхневі води слід відводити зі схилів спеціальними жолобами, а підземні – перехоплювати у верхній частині схилу канавами; вздовж річкових, озерних і морських берегів споруджуються захисні споруди з метою запобігти руйнуванню берегів хвилями та їх підмивання; при проведенні земляних робіт необхідно уникати можливого підрізання схилів і створення на їх поверхню додаткового навантаження через спорудження будівель, або насипів.

Важче боротися з селевими потоками, через те, що сіль формується з твердого пухкого матеріалу, який зноситься поверхневими водами зі значних за площею територій. З метою запобігання його знесення необхідно закріплювати цей матеріал засаджуючи схили рослинністю, будувати невеликі загороджуючі споруди, які б перешкоджали переміщенню елювію, делювію або колювію з місця їх залягання. Поперек русла, по якому можливий рух селевого потоку, споруджують греблі, щоб уповільнювати швидкість руху селю та затримувати твердий матеріал, який переноситься потоком.

### **Запитання для самоперевірки**

- 1. Охарактеризуйте основні фактори виникнення гравітаційних процесів.*
- 2. Дайте характеристику типам гравітаційних процесів.*
- 3. Що таке колювій ?*
- 4. Охарактеризуйте класифікацію гравітаційних процесів.*
- 5. Що таке крип ?*
- 6. Охарактеризуйте власне гравітаційні процеси.*
- 7. Охарактеризуйте водно-гравітаційні процеси.*
- 8. Охарактеризуйте гравітаційно-водні процеси.*
- 9. Розкрийте суть практичного значення вивчення гравітаційних процесів.*
- 10. Де в межах території України можливе проявлення гравітаційних процесів ?*