

Особливості руху речовини в геологічному середовищі

У географічній оболонці відбувається постійний кругообіг речовин та енергії, перехід одних видів енергії в інші і їх перерозподіл на поверхні Землі. Виникнення різноманітних видів рухів речовини, які спостерігаються у всіх геосферах (атмосфері, гідросфері, літосфері і біосфері), пов'язане з нерівномірним розподілом цієї енергії у географічній оболонці.

Виокремлюють наступні види руху речовини у географічній оболонці: рух повітряних мас і водних потоків; геологічний кругообіг; біологічні і біохімічні кругообіги.

За масштабом прояву на першому місці знаходиться геологічний кругообіг: рух речовини головним чином у внутрішніх оболонках (підйом у результаті висхідних тектонічних рухів і вулканізму); перенос його по горизонталі у зовнішніх оболонках і акумуляція; низхідні рухи – захоронення осадів, занурення у результаті низхідних тектонічних рухів.

Усе різноманіття рухів речовини в геологічному середовищі спричинене діяльністю екзогенних і ендегенних геологічних процесів. Екзогенні геологічні процеси представлені вивітрюванням, геологічною роботою вітру, текучих вод, льоду, озер і боліт, моря, геологічною діяльністю підземних вод, гравітаційними явищами. Магматизм, землетруси, тектонічні рухи земної кори і метаморфізм гірських порід складають групу ендегенних геологічних процесів.

Основними силами, які рухають речовину по поверхні Землі є потоки рідини, а саме ламінарний і турбулентний потоки.

У ламінарному потоці всі молекули рідини рухаються паралельно одна одній у напрямку транспортування: в неоднорідній рідині майже не відбувається перемішування під час ламінарного потоку. У турбулентному потоці молекули в рідині рухаються хаотично, але суто у загальному потоці у напрямку транспортування, при чому неоднорідні рідини ретельно

перемішуються у турбулентних потоках (Рис. 1).

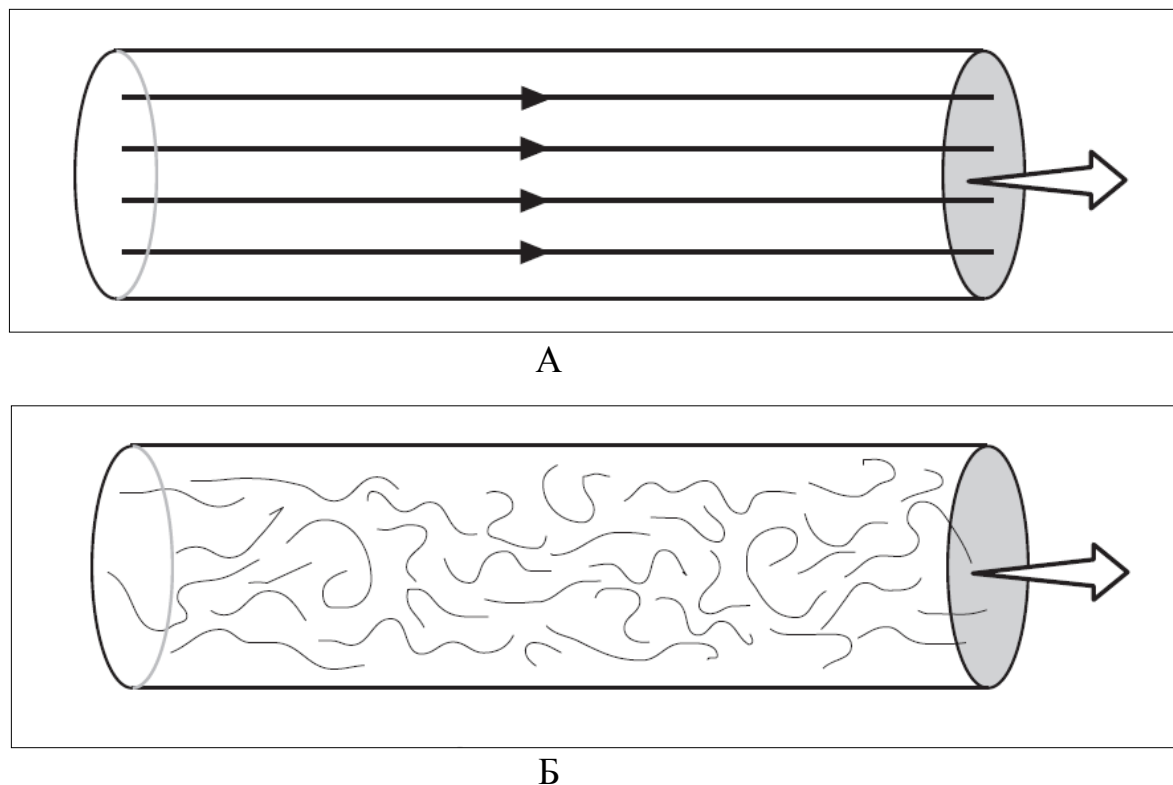


Рис. 1. Ламінарний (А) і турбулентний (Б) потоки рідини

Ламінарний потік властивий уламковим і лавовим потокам, переміщенню льоду – всьому, що має високу кінематичну в'язкість. Потоки рідини з низькою кінематичною в'язкістю, такі як повітря є турбулентними при малих швидкостях, тому всі природні потоки у повітрі, які можуть транспортувати частинки є турбулентними. Водні потоки є суто ламінарними при дуже низьких швидкостях або на мілководді, тому при транспортуванні осаду у водному середовищі або в процесах осадження найчастіше зустрічаються саме турбулентні потоки. Більшість потоків води і повітря, які здатні переносити значні об'єми осадів є турбулентними [6].

Наймасштабнішими за проявом є саме ендегенні процеси. При магматизмі речовина рухається із глибинних шарів Землі і виходить на поверхню (вулканізм) або залишається в наближених до поверхні шарах Землі (плутонізм).

На поверхню Землі лава, гази і мінеральні уламки потрапляють або по

тріщинам у земній корі – тріщині вулкани, або по каналам, пробитих газами і лавою в послаблених розломами зонах земної кори – центральні вулкани. Вулкани під час виверження доставляють на земну поверхню газоподібні, рідкі і тверді продукти [3].

Землетруси є важливими рушійними факторами значних товщ гірських порід, при чому рух відбувається як під час землетрусу, так і у постсейсмічні періоди. Під час землетрусів відбуваються суттєві зміни на поверхні Землі, які виражаються в утворенні тріщин, провалів, складок, піднятті окремих ділянок на суші, в утворенні островів на морі тощо – все це вказує на низхідні і висхідні рухи речовини в геологічному середовищі. Постсейсмічні порушення є похідними від власне сейсмічних і пов'язані з порушенням рівноваги і стійкості в гірських породах (обвали, осипи), з порушенням режиму поверхневих і підземних вод (селі, грязьові потоки, пливуні, гейзери і джерела, газові струї тощо).

Тектонічні рухи сприяють переміщенню речовини земної кори під впливом процесів, які відбуваються у глибинних шарах Землі. Тектонічні рухи можуть виникати на значній глибині у мантиї (мантийні рухи), в глибоких частинах земної кори (глибинні), у верхніх частинах кори (корові рухи). За своєю направленістю тектонічні рухи можна поділити на три типи: коливальні або епейрогенічні (переважні напруги передаються у напрямку, близькому до радіусу Землі, тобто вертикально), складчасті (переважають напруги, які ідуть по дотичній поверхні оболонок земної кори) і розривні (проявляються обидва типи напруг).

Прояв тектонічних рухів особливо помітний на прикладі осадових порід, які первинно залягають у вигляді горизонтальних пластів, а внаслідок тектонічних порушень виявляються зім'ятими у складки або розірваними на окремі луски і блоки. Таким чином, коливання земної кори позитивного знаку призводить до висхідних рухів тектонічних блоків, а коливання негативного знаку – до низхідних.

Внаслідок коливальних рухів більшість областей, які раніше були

суходолом, опинилися дном океану і навпаки, деякі ділянки земної поверхні, які нині височіють на сотні і навіть тисячі метрів над рівнем моря, зберігають ознаки перебування під водою [2].

Усі вище згадані ендегенні процеси сприяють активізації екзогенних процесів, які характеризуються повсюдним проявленням і комплексністю, що відображається в безперервному русі мінеральної речовини.

Під дією сонячної енергії, атмосферних факторів, життєдіяльності організмів і, зокрема, діяльності людини вивітрювання безперервно перетворює, руйнує верхню частину земної кори. Продукти руйнування у подальшому переміщуються водними потоками, вітром, льодом і стають матеріалом для утворення нових порід з якісними ознаками, відмінними від раніше існуючих.

Однією з основних рушійних сил в геологічному середовищі є вітер. Його діяльність проявляється в руйнуванні гірських порід (дефляції – безпосереднього зіткнення повітряних потоків з породами, коразії – руйнівна робота вітру за допомогою твердих частинок), переносі мілкового уламкового матеріалу, відкладенні його у певних місцях і накопиченні на поверхні землі рівним шаром.

Підземні води на своєму шляху не лише рухаються по порам і тріщинам гірських порід, але й виконують за певних умов значну роботу хімічного розчинення (корозія), механічного переносу і перевідкладення речовини. Немалу механічну роботу виконують вони іноді і в місцях виходу на поверхню. Ця робота підземних вод іноді призводить до суттєвих навіть у геологічному масштабі результатів, таких як карст, суфозія і грязьовий вулканізм.

Найпростішим механізмом руху мінеральної речовини у геологічному середовищі є рух гірських порід під дією сили тяжіння з подальшим їх руйнуванням і накопиченням пухких, переважно грубоуламкових відкладів. При вивітрюванні в гірських породах утворюються тріщини, по яким може відбуватися відокремлення окремих крупних глиб і цілих масивів. Ці масиви починають переміщатися (повзти) вниз по схилу і, в результаті нерівномірного

руху окремих частин, можуть розламуватися на окремі глиби і руйнуватися. Переміщення здійснюються в основному по похилій поверхні, при уклонах від 2-3°, але можуть відбуватися і по вертикальним площинам.

Гірські породи зазвичай знаходяться на поверхні землі у стабільній рівновазі. Але в тих випадках, коли їх пласти стикаються збоку або знизу з повітряним або водним середовищем, вони легко можуть бути виведені із стану рівноваги.

Велику роль по переміщенню гірських порід відіграють комплекси факторів і явищ. Так, підземні води вилугуюють і вимивають окремі мінерали і породи під землею, утворюючи порожнини, і послаблюючи зв'язки між вище і нижче розміщеними шарами порід; крім того, підземні води зволожують глинисті породи, що робить їх слизькими і створює сприятливі умови для ковзання по ним вище лежачих мас (гравітаційні явища).

Поверхневі води, насичуючи пухкі і напівпухкі маси, також порушують їх взаємозв'язки і сприяють переміщенню їх у вигляді в'язких або рідких потоків вниз по схилу (пливуни, селі).

Отже, в залежності від факторів, які сприяють руху гірських порід, усі гравітаційні явища можна поділити на наступні категорії:

- 1) власне (або повністю) гравітаційні;
- 2) гравітаційно-аквальні;
- 3) аквальні-гравітаційні;
- 4) гравітаційно-субаквальні (відбуваються у підводних умовах).

Рух речовини під дією текучих вод на сьогоднішній день є найбільш значущим з усіх факторів-транспортів. Руйнуючи гірські породи і переносячи продукти їх руйнування у вигляді гальки, піску, глини і розчинених речовин, текучі води здатні перетворювати поверхню материків. А винесені ними у море і океани продукти руйнування гірських порід є головним матеріалом, з якого формуються потужні товщі нових осадових порід.

Продукти руйнування гірських порід, утворені вивітрюванням або безпосередньо діяльністю текучих вод, переносяться останніми у трьох станах:

у розчині, у завислому стані у вигляді муті і шляхом волочіння, перекочування по дну піску і гальки.

Кількісно переважають дві останні форми переносу, так званий «твердий стік» ріки. Особливо багато матеріалу крупні ріки переносять у завислому стані.

Частинки піску, мілкі або навіть крупні гальки волочуться або перекочуються по дну в залежності від швидкості потоку.

Таблиця 1

Швидкості потоків, при яких починають рухатися частинки різних розмірів(за Жуковим М.М., Славіним В.І., Дунаєвою Н.М.)

№ п/п	Розмір частинки	Середня швидкість потоку, м/сек
1	Мілкий пісок	0,16
2	Крупний пісок	0,21
3	Мілка галька	0,31
4	Галька об'ємом 2,7 см ³	0,97
5	Галька об'ємом 5,4 см ³	1,62
6	Валуни об'ємом 50 см ³	2,27
7	Валуни об'ємом 68 дм ³	4,87
8	Валуни об'ємом 510 дм ³	11,69

У більш загальній формі ці залежності виражаються законом Ерлі: маси частинок, які волочуться по дну пропорційні швидкості у 6-ій степені. Таким чином, при збільшення швидкості потоку в 2 рази його переносна здатність зростає в 64 рази, при збільшенні в 3 рази – 729 разів [2].

У процесі переносу уламкового матеріалу по дну останній служить засобом, за допомогою якого річка стирає і поглиблює дно; при цьому стирається і обкатується і сам матеріал. Гострокутні уламки порід згладжуються і перетворюються у гальки, які в подальшому повністю стираються і перетворюються у піщані та мулисті частинки. Чим крупніша галька, тим швидше вона стирається. А чим менші піщинки, тим більшу

частину шляху вони проходять у завислому стані, мігруючи з однієї ділянки на іншу.

Вода і повітря – є суто рухомими середовищами, але ми також можемо розглядати лід як фактор-транспортер, так як він потягом тривалого часу переміщається по поверхні землі, хоча і дуже повільно. Рухомий лід переносить уламковий матеріал, який утворюється в результаті льодовикового виорювання ложа льодовика, осипання продуктів вивітрювання зі схилів гірських долин і навіювання вітром мілких частинок (піщинки, пил) на поверхню льодовика.

Особливий інтерес становить рух мінеральної речовини у специфічному геологічному середовищі – береговій зоні, в межах якої проявляються різноманітні літодинамічні процеси (абразія, твердий стік, денудація, вивітрювання тощо).

Основною складовою частиною літодинамічних процесів берегової зони морів є рух теригенного матеріалу, який відбувається як в межах власне берегової зони, так і за її межами. Рух пухких, головним чином четвертинних відкладень (пісок, гравій, галечник, глина, суглинок тощо), які утворюють корінні породи, відбувається із області їх руйнування (абразії) до області їх перевідкладання або області їх постійного накопичення (аккумуляції).

Рух речовини починається тоді, коли ерозія руйнуючи материнські гірські породи суходолу утворює теригенний матеріал, який в подальшому переноситься ріками в море. На цьому етапі відкладення походять від вивітрювання поверхні гірських порід. Продукти вивітрювання включають в себе широкий спектр матеріалів, від дуже дрібнозернистих до величезних валунів. Гірські породи на поверхні Землі хімічно розпадаються на глини і карбонати і механічно подрібнюються в пісок, гравій, мул тощо. Дощова, вітрова або льодовикова ерозія утворює уламковий матеріал, який насичує річкові потоки. Ці потоки транспортують відокремлені гірські породи вниз за течією у море. Кутова форма відкладень вказує на короткий час транспортування, а округла свідчить про сильне стирання від довготривалого транспортування або переробки бурхливими потоками, або прибійними

хвилями.

Роботу по переміщенню речовини у морському геологічному середовищі виконують на мілководді, в межах шельфової зони – вітрові хвилі, припливно-відпливні течії, далі – океанські брижі, внутрішні хвилі; на континентальному схилі – гравітаційні сили, які породжують зсуви, обвали, різного роду гравітаційні потоки; в межах абісали – поверхневі і придонні морські та океанічні течії [1]. Єдиним об'єднуючим процесом усіх видів руху речовини в береговій зоні є процес трансформації та розсіювання механічної, хімічної і теплової енергій прибережних вод, що надходять у берегову зону [4].

Частинки будь-яких розмірів можуть переміщатися в рідині завдяки одному з трьох механізмів:

1) перекочуванні – уламки рухаються завдяки перекочуванню по основі повітряного або водного потоку, не втрачаючи контакту з поверхнею дна;

2) сальтації – частинки переміщуються короткими стрибками, періодично відриваючись від поверхні дна і долаючи короткі дистанції в межах потоку, до того як повернутися назад на дно;

3) суспензії – турбулентність в межах потоку створює достатньо сильні висхідні рухи, які здатні безперервно утримувати частинки у рухомій рідині.

Частинки, які переміщуються завдяки волочінню і сальтації складають придонні наноси, у суспензії – завислі наноси. При низьких швидкостях течії води тільки дрібні частинки (мул і глина) і частинки з низькою щільністю знаходяться у суспензії, в той час як більш крупні частинки рухаються волочінням і за допомогою сальтації. При високих швидкостях потоку весь мул і пісок знаходяться у суспензії, гранули і дрібні гальки рухаються завдяки сальтації, а грубий матеріал – завдяки волочінню. Усі ці процеси є спільними як для водного, так і для повітряного середовища, але через низьку щільність і в'язкість (у порівнянні з водою) для повітря потрібні більші швидкості, щоб рухати частинки даних розмірів.

Перекочування частинок відбувається завдяки фрикційному волочінню уламків водним потоком, а сальтаційно вони рухаються завдяки ефекту Берноулі – тиск зі сторони текучого середовища падає із збільшенням швидкості потоку цього середовища, що призводить до відриву частинок від дна і залучення їх до загального потоку [5]. При чому частинки захоплюються у потік лише за критичної швидкості. 1935 року Ф. Хьюлстромом був встановлений взаємозв'язок між швидкістю водного потоку і розміром частинок, що відобразилось на кривій залежності Хьюлстрома (або діаграма Хьюлстрома) (Рис.2).

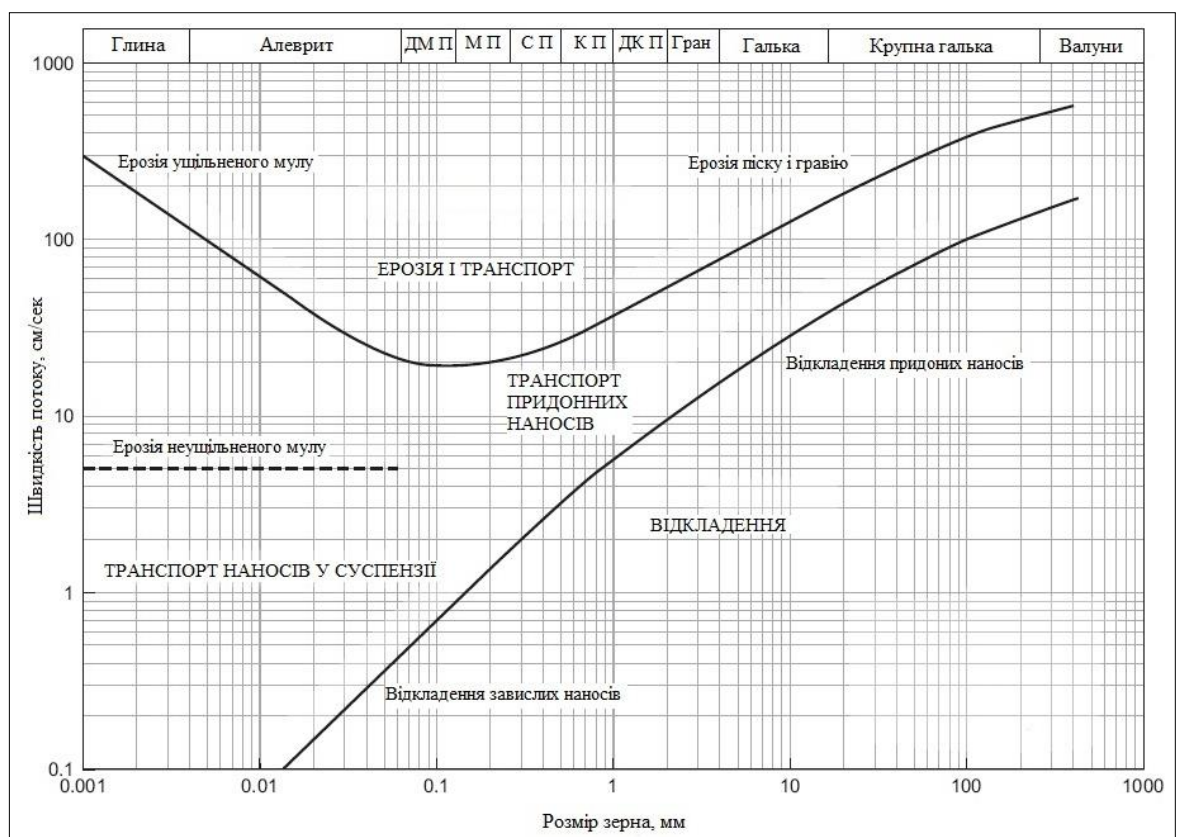


Рис. 2. Діаграма Хьюлстрома (ДМ П – дуже мілкий пісок, М П – мілкий пісок, С П – середньозернистий пісок, К П – крупнозернистий пісок, ДК П – дуже крупнозернистий пісок, Гран – гранули) (складена Ф. Прессом і Р. Сивером) [7]

Вона демонструє важливі особливості руху відкладів у течіях. Нижня лінія графіку відображає зв'язок між швидкістю потоку і частинками, які

знаходяться у русі. Верхня вигнута лінія показує швидкість потоку, за якої частинки виходять зі стану спокою і починають рухатися.

Отже, рух відкладів у береговій зоні залежить від трьох важливих факторів: 1) гідродинамічних умов; 2) крутості підводного берегового схилу; 3) механічного і мінерального складу відкладів, що рухаються. Власне переміщення відкладів залежить від різниці величини і тривалості дії прямих і зворотних орбітальних хвильових придонних швидкостей, зумовлених трансформацією хвилі і переносом води хвильовим потоком. Чергування хвилювання різної сили обумовлює переміщення наносів у межах тих чи інших глибин, на які проникає сила хвилі, що рухає відклади – наносорушаюча сила хвиль. Напрямо цього переміщення визначається здебільшого двома умовами – напрямом поширення хвиль і похилом підводного берегового схилу [4].

Список використаної літератури:

1. Бурлин Ю.К. Литология нефтегазоносных толщ: учеб. пособие для вузов / Ю.К. Бурлин, А.И. Конюхов, Е.Е. Карнюшина. – М.: Недра, 1991. – 286 с: ил.
2. Жуков М.М. Основы геологии / М.М. Жуков, В.И. Славин, Н.Н. Дунаева. – М.: Недра, 1970. – 528 с.
3. Иванова М.Ф. Общая геология с основами исторической геологии: учебник / Мелентина Федоровна Иванова. – М.: Высшая школа, 1980. – 440 с.
4. Карпенко Н.І. Рельєф морських берегів / Надія Іллівна Карпенко. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 308 с.
5. Справочник гидрогеолога / [под общей редакцией М.Е. Альтовского]. – М.: Гостехиздат, 1962. – 615 с.
6. Nichols G. Sedimentology and Stratigraphy / Gary Nichols. – Wiley-Blackwell Publishing, 2009. – 432 pp. – (2nd edition)
7. Press F. Earth / F. Press, R. Siever. – New York: W.H. Freeman, 1986. – 649 pp. – (2nd edition)