

---

---

## 5. СЕДИМЕНТАЦІЙНА СИСТЕМА ЗЕМЛІ

### 5.1. Локальні седиментаційні системи

Седиментогенез – складний природний процес, що охоплює всю Землю – її надра та земну поверхню, і можливий лише за умови складного поєднання ендо- та екзогенних процесів і взаємодії внутрішньої теплової енергії Землі та сонячної радіації. Процеси перетворення речовини відбуваються як на локальних ділянках, так і в глобальному масштабі.

У формуванні локальних седиментаційних систем Землі беруть участь такі частини: *аеральна* – осадозбірна, та *аквальна* – транспортна й акумулятивна.

У плані осадозбірний (він збігається з водозбірним) басейн має вигляд неправильного трикутника, повернутого вершиною в напрямі перенесення осадового матеріалу вниз по схилу. Його площа може перевищувати 1 млн км<sup>2</sup> (у Амазонки – 7,18 млн км<sup>2</sup>).

Вершина трикутника осадозбірного басейну переходить у транспортне русло (річка, каньйон) видовженої стрічкоподібної форми. Нижня частина транспортного русла з'єднана з акумулятивним трикутником (конусом), який за площею в тисячі разів менший від осадозбірного трикутника. Для аеральних і аквальних частин систем характерний тісний вертикальний зв'язок – переміщення осадової речовини відбувається в одному напрямі – з верхнього гіпсометричного рівня на нижній, тобто з аеральної частини осадової системи в аквальну. Аеральні та аквальні частини локальних седиментаційних систем відділені одна від одної локальним базисом ерозії.

Час існування локальних осадкових систем визначений відмінностями між рівнями верхнього та нижнього трикутників; такі системи можуть існувати 150–160 млн років.

Глобальна седиментаційна система Землі складена сукупністю локальних. Їхнє сполучення визначає особливості розподілу осадового матеріалу в глобальному масштабі, форми осадового процесу, наявність рівнів седиментації, їхній зв'язок тощо.

### 5.2. Планетарні закономірності розподілу осадового матеріалу

Морська вода займає 70,8 % земної поверхні й покриває такі ландшафтні одиниці, як континентальні окраїни та океанічні басейни. Океанічні басейни достатньо плоскі, з середніми глибинами близько 4 км. Перехід до континентальної окраїни є на глибині у 3–4 км. Монотонний рельєф океанічного басейну місцями порушений океанічними підняттями, вулканічними конусами (їхня висота понад 1 км), гайотами (підводні гори з плоскою вершиною, висота до 2 км), глибоководними западинами (грабенами), що врізаються глибше 6 км.

Океанічні басейни облямовані континентальними окраїнами, що охоплюють континентальний шельф, континентальний схил і континентальне підніжжя.

Континентальний шельф займає 5,5 % земної поверхні й має площу  $27 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>, це нахилена в середньому під кутом 7° поверхня. На глибині 132–200 м нахил шельфу змінюється, і шельф переходить у континентальний схил (кут нахилу близько 4°), розсічений численними підводними каньйонами, має підняття, депресії, окремі гори.

У нижній частині нахил континентального схилу стає пологішим, і схил поступово переходить у континентальне підніжжя завширшки до 300–400 км. Континентальні схили займають  $28 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>, континентальні підніжжя –  $19 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>.

Континентальні окраїни охоплюють 21 % покритого водою простору. У їхніх межах зосереджено 92 % всіх морських осадів (в абсолютних масах –  $150 \cdot 10^6$  км<sup>3</sup> осадів), тобто континентальні окраїни – це області найзначнішої акумуляції осадового матеріалу на планеті.

Глобальні тенденції у поширенні осадового матеріалу виявлено внаслідок вивчення потужностей і особливостей розподілу осадового матеріалу та осадових порід по латералі й у розрізах. За останні 20–25 років уявлення про поширення осадових порід кардинально змінилося завдяки застосуванню нових методів вивчення осадових розрізів – сейсмічної стратиграфії, теоретичних кількісних підрахунків, даних глибокого буріння тощо.

З'ясовано, що товщина осадової оболонки коливається в значному діапазоні – від 0,4 до 40,0 км за середніх значень у 2,2 км. Потужність осадового покриву зменшується від континентів (у середньому близько 5 км), шельфу і континентального схилу (2,5 км) до океанічного ложа (0,4 км). Головна маса осадових порід (близько 70 %) зосереджена на континентах, які займають 29 % земної поверхні. На дні океанів нагромаджено 17 % загального об'єму осадових порід. У межах океанічного ложа потужності осадового покриву коливаються від 100 м до 1,5–2,0 км. Максимальні товщини зафіксовані по периферії океанічного ложа, мінімальні – біля серединних океанічних хребтів. В океанах є тісний зв'язок між потужністю осадових утворень і відстанню точки спостереження від осі серединного хребта. Чим більша відстань, тим більша товщина осадового покриву.

У масштабах планети постачання та накопичення осадової речовини різко неоднорідні. Абсолютні маси осадового матеріалу розподілені в географічній оболонці нерівномірно. На глобальний розподіл осадового матеріалу впливають такі чинники: тектонічні, відстань від головного джерела знесення, клімат, різноманіття біосу і глибина басейну седиментації.

Планетарні закономірності поширення осадового матеріалу такі:

- абсолютні маси осадового матеріалу різко зменшуються в напрямі від материків до пелагіалі океанів;
- осадовий матеріал різних кліматичних зон відрізняється за кількістю та складом;
- кількість осадового матеріалу залежить від глибини накопичувального басейну.

Головні уявлення про глобальний седиментогенез сьогодні такі. Найбільші маси осадового матеріалу надходять з континентів або є наслідком діяльності біосу, тому саме близько до континентів і місць розвитку життя є найпотужніші скупчення осадового матеріалу. Вони простежуються по окраїнах материків у вигляді бордюру підвищених потужностей, де відкладається 9/10 усього осадового матеріалу. Це області так званої лавинної седиментації, їм властиві великі швидкості осадження, значні потужності, високий вміст органіки, специфічні текстури. Розподіл потужностей у них закономірний: вони зростають у бік континентів, досягаючи максимуму в межах дельт, у гирлах річок, підводних конусах винесення тощо. В пелагіалі надходить усього 7–8 % твердого осадового матеріалу. Цю картину розподілу можна проілюструвати в абсолютних значеннях. За рік нагромаджується близько 25,3 млрд т, з них майже 21 млрд т залишається в межах шельфу.

Отже, більша частина твердого осадового матеріалу не потрапляє в кінцевий басейн, а близько 92 % осідає по периферії океану, з них 73 % – на межі ріка–море (так званий верхній рівень седиментації). Осадження відбувається швидко, на невеликих площах акумулюються великі маси уламкового матеріалу, що його турбідитні течії в разі досягнення критичної маси стрімко переміщують до підніжжя континентального схилу, з верхнього рівня седиментації на нижній. Тобто головна частина осадового уламкового матеріалу зосереджена на двох глобальних рівнях – у гирлах річок і біля підніжжя континентального схилу, і розподілена переважно за законами механічної диференціації.

За пелагічних умов (у центральних частинах океану) для седиментації винятково важливе значення має біос і, зокрема, процеси біоасиміляції, біофільтрації і біодиференціації. Ту незначну кількість пелітового матеріалу, що потрапляє в центральні частини басейну, захоплюють з води організми-фільтратори і зв'язують у великі фекальні грудки, які падають на дно набагато швидше. Біофільтратори пропускають крізь себе всю воду океану і очищують від дрібних часток менше ніж за рік (дані О.П. Лісіцина, [10]).

Кількість і склад осадового матеріалу, площі осадозбірних систем відмінні в різних кліматичних зонах. Максимальні маси осадового матеріалу утворені в гумідних кліматичних зонах, мінімальні – в аридних. Наприклад, гумідні помірні зони постачають по 12 %, екваторіальна – 78 % (тобто разом вони дають близько 90 % осадового матеріалу – близько 21 млрд т). На частку нівальних і аридних зон припадає приблизно по 5 %.

Різні кліматичні зони постачають відмінний за складом осадовий матеріал. Зокрема, з нівальних зон надходить матеріал, на 30–40 % складений великими уламками, на 40–50 % – з піщано-алевритових зерен, на пеліт припадає 20–30 %. З гумідних зон різко домінує постачання пеліту (близько 67 %), піщано-алевритовий матеріал становить до 26 %, грубоуламковий – близько 6 %.

Кількість осадового матеріалу залежить від глибини: з її збільшенням зростає тривалість перебування часток у водному середовищі. Цей параметр має важливе значення для  $C$ ,  $SiO_2$ , оскільки з глибиною зростає їхня розчинність. Від 4,5 км і глибше карбонатного матеріалу нема.

### 5.3. Рівні та форми глобальної седиментації

У глобальному масштабі залежно від типу концентрації осадового матеріалу, швидкостей осадження, абсолютної маси осаду, потужностей і розподілу осадової речовини розрізняють дві суттєво відмінні форми осадонагромадження: *лавинну* седиментацію (відбувається на шельфі й біля підніжжя континентального схилу, має високі темпи нагромадження осадів, надходження і накопичення великої кількості теригенного матеріалу, що швидко розподіляється за законами механічної диференціації), і *нормальну пелагічну* (незначна кількість осадового матеріалу, що розподіляється біогенним шляхом, невеликі швидкості осадонагромадження) (табл. 6).

Для лавинної седиментації вирішальне значення має розчленованість рельєфу. Виділяють три глобальні рівні лавинної седиментації, що відповідають регіонам гіпсометричної кривої

Землі: гирла річок – межа ріка–море; підніжжя континентального схилу; глибоководні западини (рис. 34). Вони відрізняються за гіпсометричним положенням на 4–10 км, пов'язані між собою по вертикалі й утворюють глобальну седиментаційну систему Землі. З часом відбувається переміщення осадової речовини з одного рівня на інший, і тоді на одному рівні виникає лавинна седиментація, на іншому – виникають перерви.

Таблиця 6

Порівняння форм глобальної седиментації

Порівняльний аспект	Лавинна седиментація	Нормальна пелагічна седиментація
Якісний склад осаду	Обводнений, нестійкий на схилах, великі маси, значний вміст органіки, специфічні текстури	Стійкий, нерухомий, незначні потужності, горизонтальношаруваті, масивні текстури
Головний механізм утворення	Гравітаційне переміщення з верхніх гіпсометричних рівнів на нижні (значну роль відіграє рельєф). Осуви, обвали, потоки волочиння, турбідитні потоки. Лавинні процеси подібні до лавинного накопичення снігу в горах	Гравітаційне осідання або біохімічне зв'язування розчинених сполук і пелітового матеріалу
Потужності	10–15 км	Перші десятки метрів
Швидкість	100–1 000 мм / 1 000 років	10 мм / 1 000 років
Тип осадження	Домінує механічне	Домінує біогенне

Басейни лавинної седиментації першого рівня зосереджені в гумідних зонах або на межі гумідної й аридної зон. Головна частина поверхні Землі дренована 12 річками-гігантами, тобто близько 6 млрд т осадового матеріалу (приблизно 30 % теригенної речовини першого рівня седиментації) сконцентровано в 12 місцях земної поверхні (це Ганг, Брахмапутра, Іраваді, Інд,

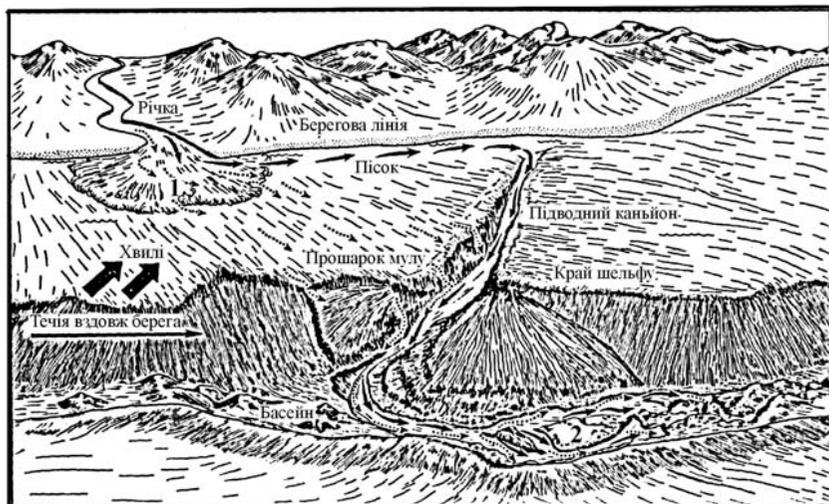


Рис. 34. Рівні лавинної седиментації, за [33] зі змінами:

1 – верхній рівень: місце впадіння ріки в море; 2 – нижній рівень: підніжжя континентального схилу. Стрілками показано напрям транспортування піску (чорні стрілки) та глинистого матеріалу (штрихові стрілки)

Хуанхе, Янцзи, Амазонка та ін.). Приклад першого рівня седиментації – дельта річок Ганг і Брахмапутра – найбільша седиментаційна система Землі площею приблизно 2 млн км<sup>2</sup> (це площа лише її підводної частини, яка в 25 разів більша від надводної частини дельти); потужність осадових утворень – 16 км, об’єм – 5 млн км<sup>3</sup>, що в десять разів більше від об’єму води Чорного моря.

За масштабом лавинні явища, що відбуваються під водою і не помітні для спостерігача, набагато перевершують усе, що відоме на континентах. У зонах лавинної седиментації другого рівня накопичується значна маса осадового матеріалу – об’ємом у десятки мільярдів тонн; турбідитні потоки поширюють його на площі у 2–3 тис. км<sup>2</sup>. Приклад гравітаційного переміщення на другому седиментаційному рівні – осув Сторечча (Норвегія) з осадовою речовиною об’ємом 4 тис. км<sup>3</sup>, що в 300 разів більше, ніж об’єм осадового матеріалу, який постачають за рік усі річки світу. Відстань переміщення – 500 км.

## 5.4. Будова континентальних окраїн

Поверхня Землі поділена на континенти (дуже давні – їхній вік до декількох мільярдів років) й океани (геологічно молоді утворення).

Близько 70 % території континентів мають висоту над рівнем моря приблизно 1 км. Континенти руйнуються до рівня моря або до світового базису ерозії. На межі континентів і океанів акумулюються потужні товщі осадов, які формують окраїни континентів, мають тенденцію сягати рівня океану та прагнуть заповнити морський басейн. Континенти ніби нарощуються в бік океану, накопичуючи в межах окраїн потужні осади. Континентальні окраїни – це місце розвантаження теригенного матеріалу.

Континентальні окраїни відрізняються за будовою і геологічним походженням. Ще 1883 р. Е. Зюсс запропонував терміни “атлантичні” й “тихоокеанські” окраїни (рис. 35). Атлантичні окраїни – це регіони, що постійно занурюються, подібні до пи-

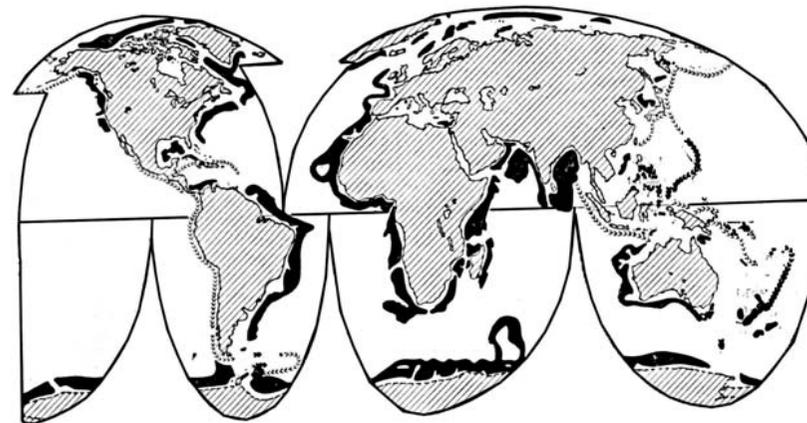


Рис. 35. Карта поширення різних типів континентальних окраїн (чорним позначено пасивні окраїни, переривчастими лініями – активні)

рога, у їхніх межах періодично накопичуються потужні товщі осадов. Вони складаються з широкого і пологого шельфу (континентальної мілини), континентального схилу і континентального підніжжя. Переважно шельфи обмежені з одного боку прибережною рівниною, а з іншого – океаном. З часом перетворюються у епіконтинентальні моря. В межах пасивних окраїн акумулюються потужні карбонатні товщі, евапорити, червоно-і сіроколірні псаміто-пелітові осади. Атлантичні окраїни тектонічно пасивні, акумулятивні. На них процес осадоутворення відбувається безперервно.

На противагу атлантичним, *тихоокеанські окраїни* піднімаються, їм властиві вулканізм, складчастість, численні розломи та процеси гороутворення. Вони є лінійно витягнутими дуговими системами, складені лінійно витягнутими вузькими вулканічними та зовнішніми острівними дугами і глибоководними жолобами. Вулканічні дуги можуть бути частиною материка (наприклад, Анди) чи, як Суматра і Ява, утворювати ланцюг островів, відділених від материка мілководними морями. Сучасні дугові системи активних окраїн мають ширину 50–100 км і довжину в тисячі кілометрів. Домінує теригенна седиментація зі значним поширенням пірокластичних порід. У межах тектонічно активних тихоокеанських окраїн нема континентальних підніж, континентальні схили облямовані глибоководними западинами, шельфи вузькі, осадоагромадження переривчасте, шари зім'яті в складки, порушені зсувами.

Окраїни атлантичного типу називають *пасивними*, а тихоокеанського – *активними* внаслідок домінування тут тектонічних процесів.

### 5.5. Типи басейнів осадоагромадження

У внутрішніх частинах континентів локально поширені басейни седиментації. Серед них виділяють два типи: *топографічні* – це ділянка поверхні Землі, що лежить нижче рівня Світового океану, заповнена водою й облямована природними підняття-

ми; *осадові* – це колишній топографічний басейн, повністю заповнений осадами (рис. 36).

Топографічні басейни розрізняють за площею, формою і наявністю зв'язку з океаном. Виділяють порівняно *великі внутрішні басейни* (озера чи епіконтинентальні моря) – мають ізометричну, округлу чи тарілкоподібну форму, зв'язок з океаном є або нема; *затоки* – загально витягнутої форми, розширені в бік глибоководніших зон; *троги* – лінійно витягнуті глибоководні басейни; *рифти* – протяжні, обмежені розломами трого, можуть бути як усередині континентів, так і на їхніх окраїнах (рис. 37). В ізометричних басейнах шари спадають до центра басейну, і в цьому ж напрямі збільшується потужність відкладів

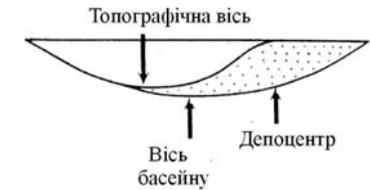


Рис. 36. Схематичний розріз, що відображає спів-відношення топографічного й осадового басейнів, за [21]

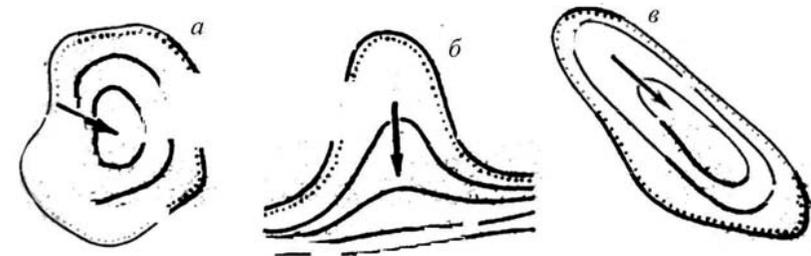


Рис. 37. Схеми басейнів, за [21].

а – ізометричної форми; б – затока; в – трог. Стрілки вказують напрям палеосхилу

Серед морських водойм морфологічно виділяють улоговинні й плоскі моря. Улоговинні подібні до ями з крутими схилами, плоским дном; шельф у них вузький, глибини близько підходять до берега. Такими є Японське, Охотське, Карибське, Багамське та інші моря. Плоскі моря – це мілководні водойми з вирівняним дном (Північне, Баренцеве, Карське та ін.).

В осадовому басейні виділяють: *вісь* – лінію з'єднання найнижчих точок дна басейну; і *депоцентр* – ділянку басейну з максимальною потужністю осадів.

### **Контрольні питання**

1. Схарактеризуйте частини локальних седиментаційних систем.
2. Які глобальні закономірності поширення осадового матеріалу?
3. Де зосередженні найпотужніші скупчення осадового матеріалу?
4. Схарактеризуйте лавинну седиментацію.
5. Назвіть рівні глобальної седиментації.
6. Наведіть приклади сучасних найбільших локальних седиментаційних систем Землі.
7. Порівняйте форми глобальної седиментації.
8. Як побудовані пасивні окраїни континентів?
9. Порівняйте будову пасивних і активних окраїн континентів.
10. Схарактеризуйте різні види топографічних басейнів.

---

---

## **6. СЕДИМЕНТАЦІЙНІ СЕРЕДОВИЩА ТА ФАЦІЇ**

### **6.1. Фації та їхні ознаки**

Осадова порода є не тільки продуктом специфічних джерел знесення, транспортування, а й стану середовища осадонагромадження. Деякі осадові породи, наприклад, хемогенні, не дають жодної інформації про живлячу провінцію чи процеси транспортування і відображають лише умови, у яких вони утворилися; інші породи, такі як кластичні (уламкові), містять дані не тільки про історію, яка передувала акумуляції осадів, а й про седиментаційне середовище.

Поверхню Землі можна розділити на зони чи області за різними ознаками. Екологи виділяють екосистеми, ландшафти або природно-територіальні комплекси, седиментологи області знесення та області седиментації, або місця, де відбувається осадонагромадження.

Поняття “середовище”, “умови” осадотворення та “фації” трактують неоднозначно, нині їх активно обговорюють.

Поверхня Землі і тепер, і в геологічному минулому поділена на седиментаційні середовища. Хоча кількість типів середовищ обмежена, на земній поверхні нема двох ідентичних, кожне з них має специфічне сполучення фізичних, хімічних і біологічних параметрів. Кожне середовище генерує певні комплекси осадів. Комплекс осадів, що утворилися в певних середовищах осадонагромадження під час взаємодії певних фізичних, хімічних і біологічних параметрів, називають *фацією*.

*Середовище* осадонагромадження – це місце в географічній оболонці, де утворюються осади; *умови* осадона-