

чивого опускания происходит накопление осадков, поэтому кора выветривания не образуется. В районах быстрого поднятия и сильно расчленённого рельефа формированию коры выветривания препятствует энергичная денудация. Наиболее благоприятным режимом тектонических движений для образования мощной коры выветривания является медленное поднятие или стабильное положение территории.

Таким образом, в процессе выветривания образуются:

- обломочный материал;
- новые устойчивые в условиях поверхности Земли минералы;
- коллоидные и истинные растворы.

1.3. Стадия седиментогенеза

Вслед за выветриванием и одновременно с ним происходит перенос и осаждение вещества, т.е. образование осадков. Характер процессов осадкообразования, их направление и интенсивность определяются геологическими и физико-географическими условиями – рельефом и климатом. В связи с этим в разных климатических зонах осадкообразование проявляется по-разному.

1.3.1. Осадкообразование в областях с гумидным климатом

Главными агентами переноса и осаждения обломочного материала являются текущие воды, второстепенными – ветер, сила тяжести и деятельность организмов.

Перенос и отложение дождевыми и талыми водами. Продукты выветривания, накапливающиеся на склонах гор и возвышенностей, перемещаются дождевыми и талыми водами по мере возникновения этих потоков и на небольшие расстояния. В связи с этим обломочные частицы слабо окатаны и плохо отсортированы. Они находятся то в воздухе, то в воде. В результате образуются *делювиальные* (склоновые) и *пролювиальные* (у подножья склонов) осадки.

Эти отложения характеризуются своеобразной потоковой слоистостью, т.е. чередованием косых однонаправленных и горизонтальных серий слоёв. Косые, крутонаклонённые серии грубого материала – результат действия временного потока, а горизонтальные серии, сложенные более тонким материалом – осадки временных водоёмов.

В горах проливные дожди или быстрое таяние снега приводят к образованию бурных потоков – селей. Эти грязевые потоки стремительно переносят и отлагают огромное количество обломочного материала

на предгорных равнинах. Отложения грязевых потоков отличаются от других осадков полным отсутствием сортировки.

Перенос и осаждение обломочного материала речными водами. Совместно с временными потоками огромную работу по транспортировке и отложению продуктов разрушения совершают реки – стабильные водные потоки, скорость течения которых определяется рельефом земной поверхности. В горных районах углубление рельефа, где располагается русло, имеет вытянутую протяженную форму, а в равнинных условиях русло с многочисленными притоками образует сложную речную систему (рис. 16).



Рис. 16. Схема речной системы от истока в горах до устья на равнине

Транспортирующее значение реки зависит от скорости её течения, которая изменяется в широких пределах. Для равнинных рек максимальная скорость течения составляет 1,5–1,6 м/сек, для горных – 5–8 м/сек. Речные воды переносят осадочный материал в растворенном виде, волочением по дну и во взвешенном состоянии. Соотношения переносимого материала названными способами для горных рек равно 100 : 86 : 622; для равнинных – 100 : 4 : 53 [7].

При минимальной скорости течения, необходимой для перемещения обломков, переносятся единичные частицы с повышенных участков дна в пониженные, в результате чего поверхность дна становится более или менее ровной. Когда скорость движения воды увеличивается в

2–2,5 раза, начинается перемешивание частиц. На дне реки возникают гряды, длина и высота которых для горных рек составляет 100–140 м и 2–4 м, а для равнинных – 20–30 м и 0,3–1,0 м. Гряды имеют асимметричную форму: склон, обращённый против течения, – пологий, по течению – крутой. При перемещении гряд по течению реки возникает характерная для аллювиальных отложений косая однонаправленная слоистость (рис. 17).

Осадки равнинных рек сложены главным образом песчаными и глинисто-алевритовыми отложениями, в реках горных областей широко распространены галечниковые и валунные отложения (рис. 18).

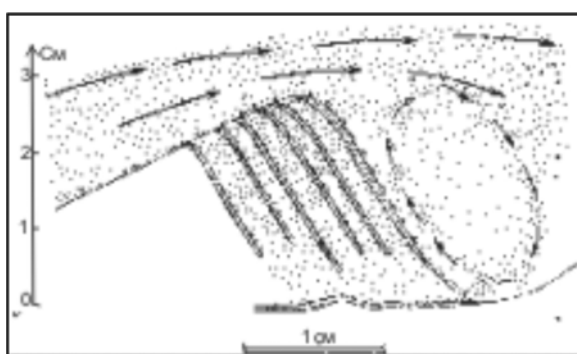


Рис. 17. Образование косых слойков на переднем, крутом склоне песчаного вала, по А.А. Вейхеру, 1948: из [39]



Рис. 18. Валунный и галечный материал, накопившийся в результате транспортирующей деятельности горной реки [87]

В процессе перекачивания по дну обломочные частицы приобретают округлую форму. Степень окатанности зависит от дальности переноса и свойств самих обломков. Сортировка обломочного материала в реках осуществляется недостаточно хорошо. Это объясняется большими изменениями в скорости течения.

Большая часть наносов откладывается в устьях рек, образуя обширные дельты. Благоприятным условием для формирования дельт является мелководность морского бассейна.

Перенос и осаждение обломочного материала в водных бассейнах. В морские и озёрные бассейны поступают с суши растворённые в воде вещества и часть обломочного материала, не осевшего на путях

переноса. Значительная масса обломочного материала попадает в водоёмы в результате размыва берегов.

Главными агентами переноса вещества в водных бассейнах являются течения и волнения.

Течения возникают в результате разнообразных причин:

- ветра, вызывающего постоянные и периодические течения (дрейфовые);
- различия в плотности воды (конвекционные);
- различия уровней в соседних бассейнах (сточные);
- благодаря приливам и отливам (приливно-отливные).

Течения вовлекают в кругооборот почти всю толщу воды шельфа до глубины 200–250 м, иногда до глубины 1000–2000 м. Скорость морских течений изменяется в широких пределах: от 0,01 до 3,0 м/сек.

Наиболее интенсивно деятельность течений проявляется в периферической части бассейнов, которая является областью береговых и циркулярных течений. Существуют также транзитные течения (типа Гольфстрим), переносящие осадочный материал. Центральные части многих бассейнов лишены течений. Это халистатические зоны.



Рис. 19. Прибрежно-морское мелководье [87]

Работа морских течений сочетается с деятельностью волн, причиной возникновения которых являются ветры. Ветровая волна, периодически взмучивая донный осадок, оставляет на его поверхности знаки ряби (рис. 19). Постоянно воздействуя на осадок, ветровая волна сортирует его по величине частиц, формирует текстуру и переносит осадочный материал.

Подходя к берегу под косым углом, ветровая волна выбрасывает на берег обломочные частицы, которые смываются обратным током воды, но уже под другим углом. Таким образом обломки передвигаются вдоль берега, это **продольное** перемещение материала.

Волна, подходящая к берегу под прямым углом, способствует формированию пляжей, это уже **поперечное** перемещение наносов.

Благодаря действию течений и, особенно, волнениям, осадок сортируется и окатывается. Пляжевые пески характеризуются хорошей сортировкой материала и наличием косой разнонаправленной слоистости.

Наряду с этим, в водных бассейнах наблюдается отложение осадка с несовершенной сортировкой обломочного материала, например, из мутье-

вых потоков (турбидитов). Последние образуются вследствие оползания больших масс осадков при землетрясениях, цунами, штормах (рис. 20).

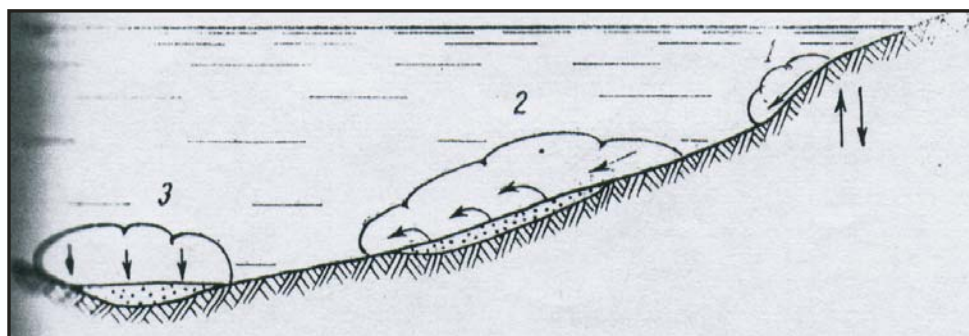


Рис. 20. Возникновение турбидитных потоков, по Р.С. Безбородову, 1989 [3]:
I фаза – возникновение мутного облака на континентальном склоне (например, в результате землетрясения); 2 – II фаза – разгон турбидитного потока при движении тяжелой суспензии вниз по склону в сторону океанических глубин, захват тяжелых осадков; 3 – III фаза – выход турбидитного потока на плоский участок дна бассейна, снижение скорости, начало осаждения принесенного потоком материала

Осаждение вещества происходит не только в текучей, но и спокойной воде под влиянием силы тяжести. Скорость осаждения в таком случае зависит от размера, плотности, формы частиц. Для этих отложений характерна горизонтальная слоистость.

Перенос и отложение коллоидов и истинных растворов. Воды рек приносят в бассейны седиментации огромное количество вещества в виде коллоидных и истинных растворов.

Коллоидные растворы (системы) – дисперсные системы, промежуточные между истинными растворами и грубодисперсными системами (суспензиями и эмульсиями). Коллоидные растворы могут быть в виде зелей (наиболее дисперсное состояние) и гелей (студенистые образования). Последние образуются после свёртывания (коагуляции) коллоидов при изменении химического состава, температуры раствора. В массовых масштабах коагуляция коллоидов наблюдается в прибрежной области моря при смешивании пресных вод с суши и солёных морских вод. Однако, при повышенной активности вод коллоидные частицы выносятся в более глубоководную зону моря и там осаждаются.

В виде коллоидов переносятся глинистые минералы, кремнезём, органическое вещество, соединения Fe, Mn, P, ряда малых элементов (V, Cr, Ni, Co и др.).

В виде *истинных* (ионных) растворов переносятся все легкорастворимые соли: хлориды, сульфаты, карбонаты, частично соединения Mn и P.

В областях с гумидным климатом осаждаются и накапливаются карбонаты, фосфаты, соединения Fe и Mn. Легкорастворимые хлориды и сульфаты остаются в растворах.

Осаждение, связанное с деятельностью организмов. Живые организмы обладают специфической способностью извлекать из растворов и концентрировать в своём теле, скелете или раковине вещества, присутствующие в растворах в количествах, иногда далёких от насыщения.

В тёплых морях, где концентрация карбоната кальция достигает насыщения и перенасыщения, процесс идёт интенсивнее. Наблюдается массовое развитие организмов с карбонатным скелетом. В таких водоёмах образуются ракушечники, коралловые рифы.

Организмы с кремневым скелетом (губки, радиолярии, диатомеи) извлекают кремнезём из холодных морских вод, хотя содержание его далеко от насыщения. Отмирая, они образуют кремнистые осадки – радиоляриевые, диатомовые илы.

Большую роль в образовании органогенных осадков играет наземная и водная растительность, концентрирующая углерод. Обширные заболоченные леса в долинах рек и на приморских равнинах дают начало торфу и ископаемым углям. Скопления фитопланктона морей и лагун приводят к формированию битумов и нефти.

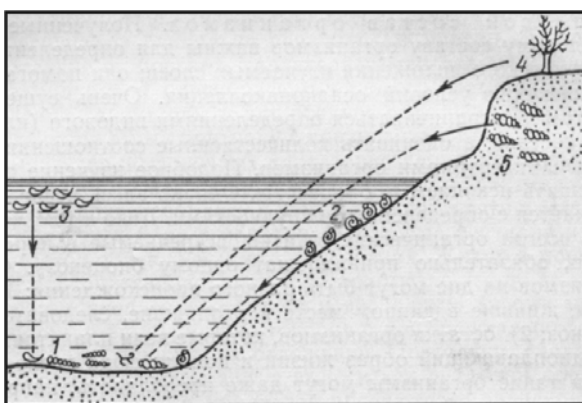


Рис. 21. Возможные источники (1–5) органических остатков в осадках на дне водоема, по Г.Ф. Крашенинникову, 1971 [7]

Органические остатки на дне могут быть разного происхождения (рис. 21):

- 1) биоценозы – прижизненные скопления организмов, обитающих вместе на определенном участке дна бассейна;
- 2) снесенные на дно донными течениями и суспензионными (мутевыми) потоками;
- 3) остатки организмов, которые вели планктонный или свободноплавающий образ жизни;

- 4) остатки наземных организмов, принесенные с прилегающей суши;
- 5) органические остатки из размытых при абразии более древних пород, слагающих берег.

1.3.2. Осадкообразование в областях аридного климата

Перенос и осаждение обломочного материала. Главным агентом переноса и осаждения обломочного материала является ветер, второстепенными – вода и сила тяжести.

Ветры возникают благодаря неравномерному нагреванию воздуха. Они переносят частицы во взвешенном состоянии и путём перекатывания. В процессе переноса обломочные частицы окатываются и сортируются по размеру. Эоловые пески – наиболее отсортированные отложения. Бесчисленные столкновения песчинок между собой и с поверхностью скал приводят к полировке их поверхности. Характерные формы рельефа – барханы и дюны, песчаные гряды и бугры (рис. 22).

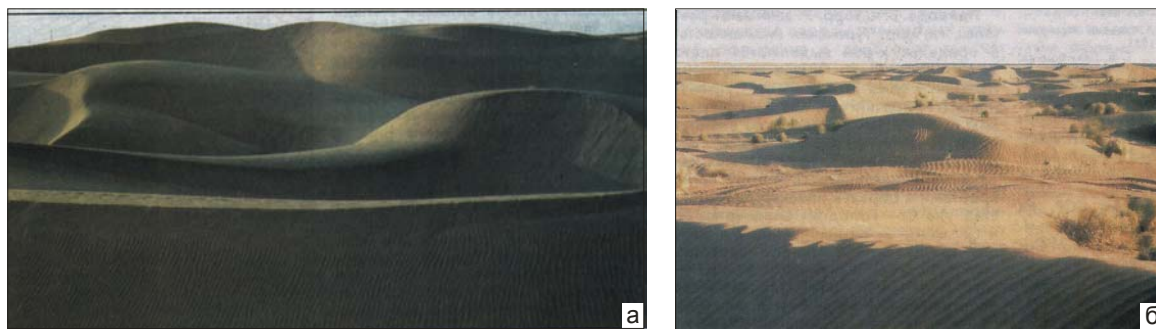


Рис. 22. Эоловые формы рельефа [60, т. 5]:
 а) барханы пустыни Каракумы;
 б) холмистый рельеф пустыни Кызылкум

Под воздействием ветра дюны и барханы перемещаются в пространстве, образуя песчаные осадки с диагональной слоистостью эолового типа (рис. 23, 24).

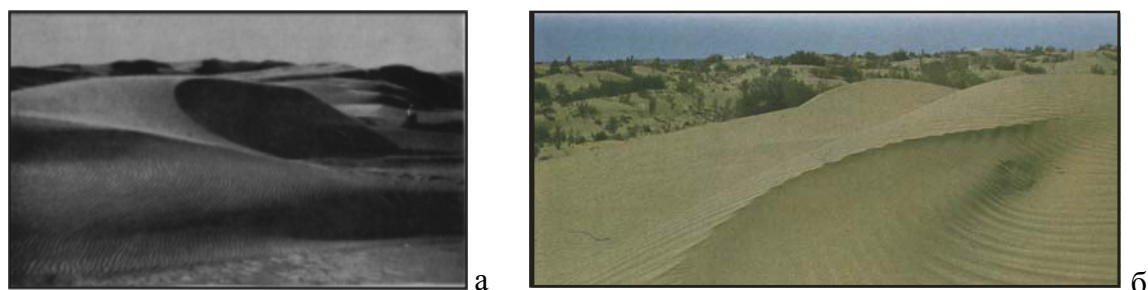


Рис. 23. Современная эоловая рябь на поверхности бархана:
 а) пустыня Каракум [87]; б) Восточный Казахстан [60, т. 5]



Рис. 24. Песчаная пустыня Средней Азии. Развеваемые подвижные пески [87]

В областях с засушливым климатом атмосферные осадки выпадают в виде кратковременных ливней. Образуются временные потоки, переносящие огромную массу разнообразного обломочного материала. У подножий гор и возвышенностей возникают веерообразные конусы выноса обломочного материала (пролювий) (рис. 25). Эти отложения неокатаны и почти не отсортированы.

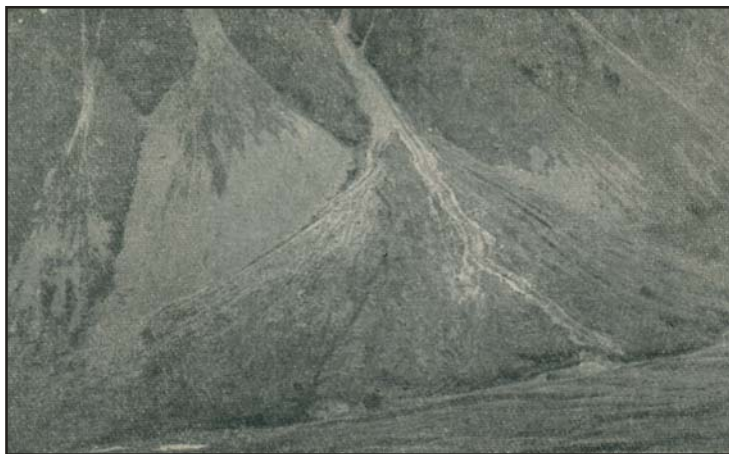


Рис. 25. Конус выноса горного потока, по А.М. Горбачеву, 1973 [24]

После таяния снегов и кратковременных ливней в пониженных участках пустынь образуются временные водоёмы, которые быстро высыхают. На их месте образуются глинистые пространства с трещинами усыхания – такыры (рис. 26).

В горах часто образуются осыпи, обвалы. Обломки скапливаются у подножия гор, образуя толщи несортированных угловатых обломков – коллювий.

Перенос и осаждение растворённых веществ. Основная масса растворённого вещества поступает в аридные области через реки и подток воды из морских и океанических бассейнов в заливы и лагуны. Небольшая часть вещества поступает в результате химического выветривания в пределах самой аридной зоны.

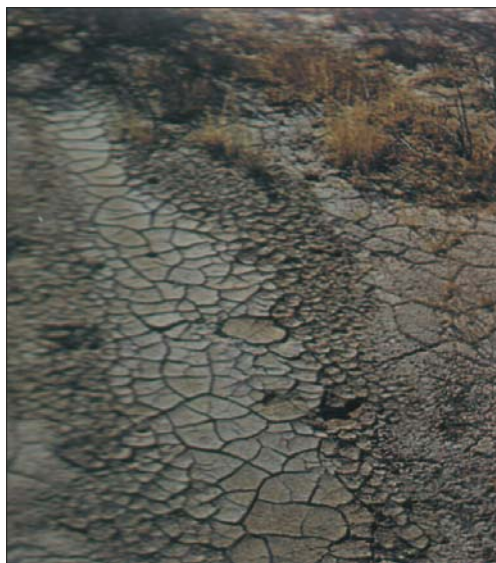


Рис. 26. Растрескавшаяся глинистая поверхность пустыни (такыр) [87]

Преобладание испарения над количеством выпадающих осадков создаёт идеальные условия для выпаривания воды и химического осаждения вещества (рис. 27, 28).

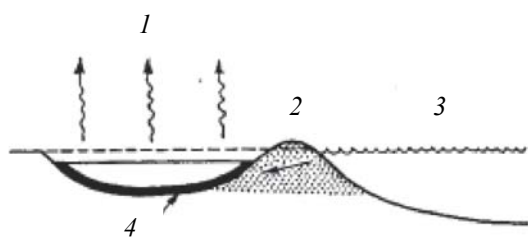


Рис. 27. Схема солеродного водоёма [43]:

- 1 – солеродный бассейн;
- 2 – проницаемый барьер;
- 3 – море;
- 4 – осадки эвапоритов

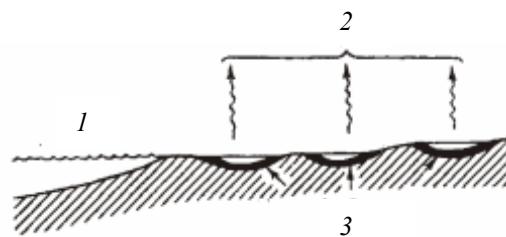
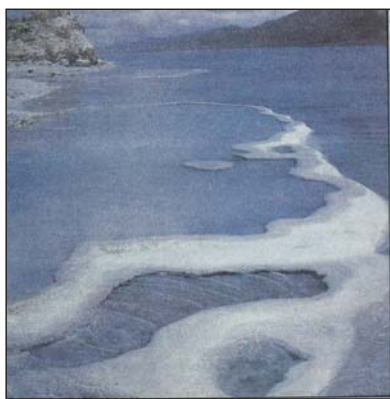


Рис. 28. Схема соляных бассейнов [43]:

- 1 – море;
- 2 – соляные бассейны;
- 3 – осадки эвапоритов



а



б

Рис. 29. Соленые озера:

- а) Чжабуе, Китай [60, т. 3]; б) Австралия [80]

Существует определённая закономерность в расположении озёр, обусловленная климатом: содовые озёра с невысокой минерализацией воды располагаются на периферии аридной зоны; сульфатные озёра с более высокой минерализацией – в полупустынях; хлоридные – в центральных частях аридных зон – в пустынях (рис. 29).

1.3.3. Осадкообразование в областях нивального климата

Главный фактор переноса – лёд (ледники и плавающие льды); второстепенные – вода по периферии ледников и сила тяжести (перемещение и накопление осадков на склонах).

Сведения о деятельности ледников относятся главным образом к современным горным ледникам. В зависимости от формы и режима различают два основных типа горных ледников: каровые и долинные. Каровые ледники (пиренейский тип) формируются в чашеобразных углублениях на склонах гор (рис. 30). Долинные ледники (альпийский тип) потоками сползают в горные долины (рис. 31).



Рис. 30. Каровый ледник.
Фото А.В. Осипова



Рис. 31. Долинный ледник.
Памир [82]

Ледник при движении разрушает ложе, шлифует его выступы, царапает их обломками пород, вмёрзшими в лед, переносит на большие расстояния продукты разрушения горных пород. Материал, перемещённый ледником, имеет самые различные размеры: от тонких глинистых частиц до глыб огромного размера и массы (рис. 32). Материал отлагается при таянии и отступании ледника в виде различных *морен*: конечных, донных, срединных, боковых, поверхностных (рис. 33). Морены представляют собой смесь глины и песка с гравием и валунами. Характерная черта морен – отсутствие сортировки материала.



Рис. 32. Конечная морена плоскогорного ледника

Горный Алтай. Фото А.В. Осипова



Рис. 33. Боковая и срединная морены долинного ледника

С деятельностью подледниковых и приледниковых вод связано образование песчаных гряд и холмов, к которым относятся озы и камы (рис. 34), а также флювиогляциальные пески, сложенные более отсортированным материалом. Кроме того, часто формируются ленточные глины со слоистостью сезонного характера (рис. 35).

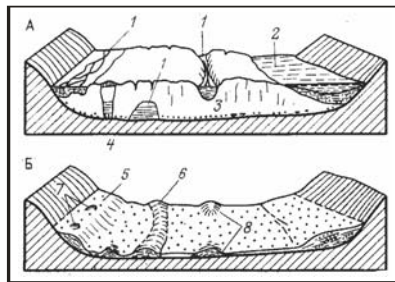


Рис. 34. Образование водноледниковых отложений[43]:

1 – поток; 2 – озеро; 3 – ледник;
4 – туннель; 5 – камовая терраса;
6 – оз; 7 – котлы; 8 – камы

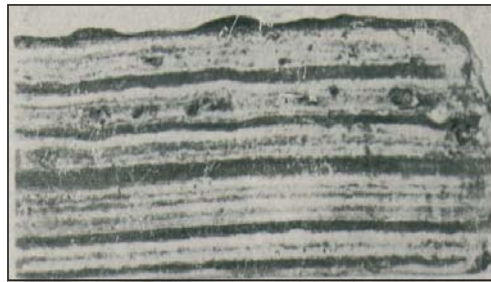


Рис. 35. Ленточная глина по Ф.Д. Петтиджону, 1981 [9]:

темные полосы – зимние глины,
светлые – летние алевролиты

В полярных и высокогорных областях происходит перемещение и накопление продуктов морозного выветривания на склонах, которое приводит к образованию каменных россыпей (рис. 36).



Рис. 36. Каменные россыпи в горах на о. Врангеля [87]

1.4. Осадочная дифференциация вещества

При переносе и отложении осадочного вещества осуществляется его разделение по размеру частиц, плотности, химическим свойствам. Выделяются следующие типы дифференциации:

- механическая – рассортировка обломочного материала по размеру частиц и плотности (рис. 37);
- физико-химическая – дифференциация коллоидного материала;
- хемобиогенная – осаждение и дифференциация вещества, благодаря жизнедеятельности организмов;
- химическая – осаждение и разделение вещества истинных растворов.

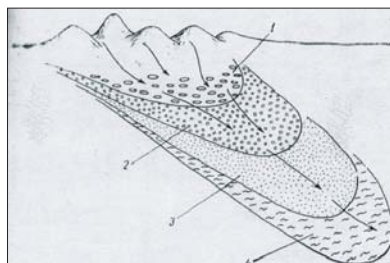


Рис. 37. Механическая осадочная дифференциация, по Р.С. Безбородову, 1989 [3]:

1 – галька; 2 – гравий;
3 – песок; 4 – алеврит

В водных бассейнах в различных обстановках обычно проявляются все типы дифференциации, но в определенный момент времени в данном месте преобладает один какой-либо тип дифференциации, определяя характер осадков (рис. 38).

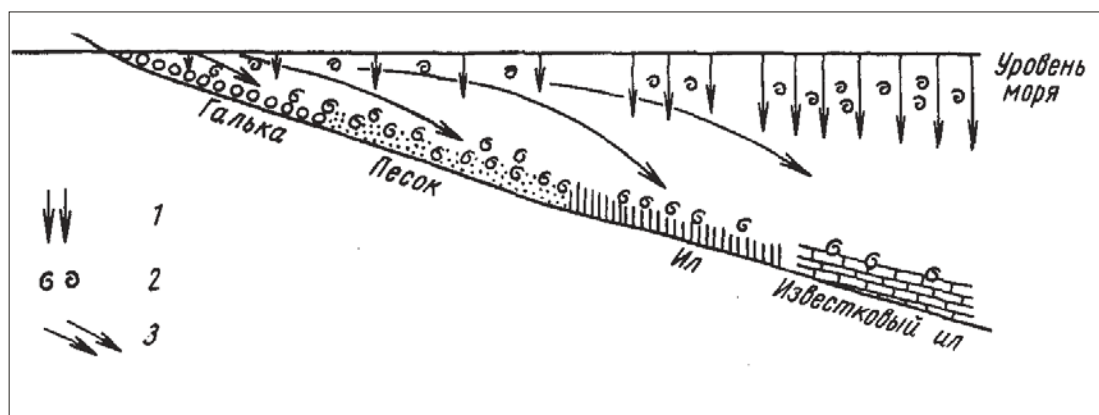


Рис. 38. Схема осадочной дифференциации вещества в водном бассейне, по Н.В. Логвиненко, 1984 [8]:

1 – хемогенная; 2 – хемобиогенная; 3 – механическая и физико-химическая

Ведущими факторами процесса дифференциации служат физико-географические условия и тектонический режим территории.

I этап начинается на суше в коре выветривания, где происходит отделение растворённых веществ от остаточных продуктов выветривания.