Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1988, т. 115

УДК 551.3.051:551.352/353(261.5+267)

О ПРИНЦИПАХ ТИПИЗАЦИИ ОБСТАНОВОК ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОКЕАНЕ НА ОСНОВЕ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО КРИТЕРИЕВ

Л.Н.КУЛЯМИН

Обстановка, или „среда", осадконакопления является своего рода резервуаром с определенным набором физико-химических и биологических характеристик, в котором осуществляется процесс седиментации [6, 8, 10, 13].

Важным вопросом при построении теории и моделей седиментогенеза является определение исходного набора факторов, обусловливающих проявление того или иного конкретного типа осадков [18]. Процессы седиментации, протекающие в пелагиали океана, сложны и многообразны, подвержены влиянию многих факторов [11, 15, 16]. Их обилие и недостаточная разработанность иерархических отношений усложняют типизацию условий осадконакопления, часто делая ее практически невозможной.

В ряде работ последних лет [4, 7, 17] делались попытки выйти из этого затруднения на основе системного подхода, сведя количество основных факторов к минимуму и определив место каждого фактора в одной из категорий: вещества, пространства и времени (процесса). Выявление всех обширных связей вещества донных осадков с различными эндогенными и экзогенными факторами свидетельствует, что различные сочетания этих факторов управляют процессом седиментогенеза и приводят к формированию сложной и разнообразной картины распределения продуктов осадконакопления в пространстве и времени [14].

Анализ ландшафтно-географических и геологических условий приводит к выделению определенных физиографических единиц, в пределах которых существуют те или иные динамические условия осадконакопления: с преобладанием аккумуляции (положительное осадконакопление), равновесия (нулевое осадконакопление) и эрозии (отрицательное осадконакопление).

Наиболее широко распространены в океанических районах аккумулятивные обстановки. Достаточно сказать, что более 90 % всего осадочного покрова Земли представлено субаквальными осадками и породами, из них более 60 % – морскими.

Обстановки эрозии более характерны для континентов, однако сравнительно широко распространены и в пределах дна океана, особенно в районах активной тектонической деятельности, где они формируют специфический тип донных отложений – эдафогенный [20].

Обстановки равновесия могут быть определены как ареалы распространения энергетически мало активных придонных течений, способных удалить

рыхлый осадок, но не способных размыть породы субстрата. От обстановок эрозии они отличаются отсутствием продуктов размыва. Для них существует довольно точное наименование – «фации гладкого каменного морского дна" [5]. Эти поверхности смыва (а не размыва) являются весьма восприимчивыми к взаимодействиям с морской водой, ведущим к возникновению различных аутигенных новообразований: фосфатных, марганцовистых и других. Эти обстановки представляют наибольший интерес в изучении осадочно-рудного процесса в океанах, но в то же время их изучение крайне затруднено ввиду отсутствия основного конечного продукта – осадка [22].

Третья категория факторов, формирующих облик современных океанических осадков, – вещественные факторы, выражающиеся в механическом, минеральном и химическом составах. Они играют существенную роль только для обстановок приконтинентали, особенно при формировании осадочных тел, содержащих тяжелые минералы [1]. В процессах пелагического седиментогенеза вещественный состав в значительной степени является функцией первых двух групп факторов: ландшафтных (в первую очередь) и динамических.

Все основные категории факторов связаны друг с другом сложными системами взаимодействий, которые могут проявляться и непосредственно, и через другие системы связей и обратных связей. Каждый из этих факторов среды накладывает свой отпечаток на осадки, что и может использоваться для реконструкции обстановок осадконакопления, а также для прогнозирования типов осадков по соотношениям различных факторов [3]. Таким образом, все многообразие факторов, влияющих на состав и строение природного осадочного тела, может быть сведено к трем показателям:

1) вещества (источник осадочного материала);

2) пространства (морфоструктурная позиция обстановки осадконакопления, именуемая также ландшафтной);

3) времени (внутренняя организация обстановок осадконакопления, именуемая также динамической).

Последние две категории факторов и образуют собственно обстановки, или среды, осадконакопления.

В основу типизации обстановок осадконакопления в первую очередь должна быть положена приуроченность определенных сообществ осадков к крупным морфоструктурам подводного рельефа, при этом климатическая зональность кладется в основу фациального районирования. Положение широтных зон во времени мало изменялось, о чем свидетельствуют данные глубоководного бурения, т.е. его можно считать функцией пространства и выделять как категорию ландшафтно-климатических обстановок осадконакопления.

Параметры среды, определяемые ее подвижностью и определяющие внутреннюю организацию вещества в осадке, являются функцией времени. На их основе выделена категория ландшафтно-динамических обстановок осадконакопления.

Между обеими категориями обстановок возможны самые разнообразные переходные типы. Однако в основу типизации положены их комбинации по признакам преобладания и второстепенности (см. таблицу).

Характеристика основных обстановок современного осадконакопления в Индийском океане и Южной Атлантике

Ландшафтно-климатические обстановки	Ландшафтно-динамические обстановки с преобладанием процессов		Примеры наиболее характерных обстановок
	инситных	транзитных	
Обстановка приконтиненталь			
Континентальный склон – терригенное осадконакопление в районах умеренного и влажного гумидного климата, особенно в устьях крупных рек, на которое накладывается карбонатонакопление в аридных областях и кремненакопление в приантарктическом поясе	Область перехода от шельфа – сброс песчано-алевритового материала при резком падении скоростей приливных течений (до 10 раз) в ложбинах за краем шельфа (затишные зоны); накопление материала. Гравитационное оползание материала по склону („крип"), вплоть до подножия. На обнаженных участках обвальные, осыпные и оползневые процессы	На выровненных участках склонов распространены вдольсклоновые („контурные") течения, направленные примерно параллельно изобатам. На расчлененных участках преобладают суспензионные потоки, играющие в основном эродирующую и транспортирующую роль. Накопление материала происходит на террасовидных перегибах склона, в „подпруженных" котловинах	Практически по всей периферии Индийского океана и Южной Атлантики за исключением аномально узкого шельфа (отдельные участки побережья Африки, Австралии – прибрежный аппеллинг)
Континентальное подножие – основная область разгрузки материала, поступающего с континента, и терригенной взвеси в областях повышенной биопродукции, обогащенных карбонатным или кремнистым материалом	Седиментационная зона – осаждение глубинной взвеси (нефелоидный слой). Многочисленны биотурбации. Разгрузка гравитационного материала, частично из суспензионных потоков (проксимальные турбидиты), частично седиментационным путем	В верхних частях склонов широкое развитие контурных течений, осуществляющих вдольсклоновый разнос осадочного материала. Многочисленны рябь течений, суспензионные потоки. В нижних частях накопление турбидитов; образование „апронов" – отсыпки шлейфов подножий	Почти по всей периферии Индийского океана и Южной Атлантики (особенно борт Андаманской котловины, континентальное подножие на периферии Бразильской котловины и др.)
Абиссальные аккумулятивные равнины – переход от терригенных осадков к слабокарбонатным по мере удаления от источников питания. Осадочный покров на больших площадях исключительно однообразен	Седиментационная зона – осаждение из пульсационно поступающих „облаков" нефелоидной взвеси. Область развития дистальных турбидитов. Многочисленны биотурбации	Локальное развитие придонных течений, главным образом на участках холмистого рельефа. Характерно веерообразное „растекание" дельт турбидитных потоков в присклоновых частях равнин	Абиссальные равнины на окончаниях конусов выноса Ганга, Инда, Конго, Амазонки и др.
Обстановки пелагиали			
Океанические котловины в условиях низкой биопродукции – области развития эвпелагических (красных глубоководных) глин с высоким содержанием	Типично седиментационная зона – осаждение минеральной взвеси путем биофильтрации. На склонах абиссальных холмов хемогенное осадконакопление (образование железомарганцевых конкреций и др.). Многочисленны биотурбации	Широко развиты придонные течения, региональные и градиентные, в результате чего многочисленны обстановки „неотложения" и размыва осадков и пород субстрата, особенно при расчлененном рельефе. Велика транспортирующая роль течений. В об-	Западно-Австралийская котловина, часть Центральной котловины, Мадагаскарская котловина. В Атлантическом океане в типичном виде отсутствуют

аутигенных компонентов. Осадочный покров прерывист, чередуется с выходами коренных пород		ластях разгрузки образуются мощные аккумулятивные тела, на их поверхности локально развиты линейные аккумулятивные формы, знаки ряби	
Океанические котловины в условиях высокой биопродукции			
Ниже критической глубины карбонатонакопления распространены кремнистые осадки (в поясах кремненакопления) или слабокарбонатные и бескарбонатные резидуальные илы	Преимущественно осадконакопление седиментационного типа. На отдельных участках расчлененного рельефа развиты процессы гравитационного оползания водонасыщенного осадка. В районах с прерывистым покровом осадков происходит образование хемогенных (осадочно-диагенетических) железо-марганцевых конкреций	В условиях расчлененного рельефа широко распространены суспензионные потоки, переносящие материал к подножию поднятий, где формируются кремнистые турбидиты. Многочисленны размывы осадочного покрова. При выровненном рельефе перенос материала осуществляется течениями, вызванными придонной квазистационарной циркуляцией вод, внутренними и приливными волнами	Африканско-Антарктическая, Австрало-Антарктическая котловины Индийского океана; Западно-Австралийская котловина
Выше критической глубины карбонатонакопления безраздельное господство пелагических карбонатных осадков, преимущественно на поднятиях океанического дна и на дне котловин, лежащих выше критической глубины карбонатонакопления	Типично седиментационная зона на относительно выровненных участках дна. Широко распространены биотурбации (следы илоедов, фекальные пеллеты). На крутых склонах гравитационное накопление подводного элювия, делювия (эдафогенные отложения)	В условиях расчлененного рельефа активно действуют придонные течения, на крутых склонах – суспензионные потоки. У подножий поднятий и хребтов и в замкнутых „запрудах" между ними образуются аккумулятивные шлейфы – результат разгрузки суспензионных потоков (карбонатные турбидиты)	Практически все площади срединно-океанических хребтов (за исключением районов современного вулканизма): Сомалийская котловина, часть Мадагаскарской, Капской, Ангольской котловин
Глубоководные желоба – на внешних склонах пелагическое осадконакопление, характерное для соседних котловин; на внутренних склонах терригенное осадконакопление, вблизи вулканов обогащение вулканокластикой и туффитовым материалом	В верхних частях внешнего склона седиментационное осадконакопление. На дне желобов плоские абиссальные равнины, образующиеся либо седиментационным путем в затишных зонах, либо как результат разгрузки суспензионных потоков. На склонах широко распространены эдафогенные накопления – результат тектонического дробления пород, подводного выветривания	На внутренних склонах в условиях крутого расчлененного рельефа широко развиты обстановки размыва, суспензионные потоки, играющие роль главного транспорта материала (наряду с подводными оползнями, лавинами). На относительно ровных склонах широко распространены вдольсклоновые течения типа контуритов	Зондский желоб, Восточно-Индийский, желоб Романш и др.
Срединно-океанические хребты и трансформные разломы – области излияний базальтовых лав и формирования современной океанической коры, в незначительных количествах поступает вулканокластика, продукты гидротермальной деятельности	Области с расчлененным тектоническим рельефом характеризуются развитием эдафогенных осадков – продуктов механического дробления пород коренного ложа. Широко развиты процессы гравитационного оползания, обвалы, осыпи. На выровненных склонах и вершинах протекают процессы нормальной пелагической седиментации	В бортах рифтовых ущелий широко развиты суспензионные потоки, лавиноподобные (типа селей на суше) потоки, разгружающиеся у подножий и в замкнутых котловинах между гребнями. Известны также придонные течения, которые, однако, изучены очень слабо	Значительные площади Южно-Атлантического, Западно-Индийского, Аравийско-Индийского (Карлсберг) хребтов

Выделение ландшафтно-климатических обстановок в общих чертах отвечает традиционным представлениям о морфоструктурном районировании окраинно-океанических и пелагических областей - выделению континентального шельфа, склона, подножия, абиссальных равнин, срединно-океанических хребтов и поднятий, глубоководных желобов. Климатические факторы определяют состав, степень зрелости, раннедиагенетические преобразования и другие особенности осадка [19].

Ландшафтно-динамические обстановки подразделяются на две группы: с преобладанием процессов транспортировки осадочного материала (или транзитных) и воздействующих на осадок непосредственно на месте формирования осадка (названных соответственно инситными). Именно динамические факторы определяют изменчивость внутреннего строения осадка при сходстве состава и одинаковой морфоструктурной позиции обстановки осадконакопления.

Выделение ландшафтно-динамических обстановок осадконакопления базируется на представлениях о трех основных (элементарных) типах динамических условий: статическом, колебательном и поступательном. Для условий собственно океанического седиментогенеза (без шельфа) характерны статический и поступательный типы. При этом последний подразделяется на подтипы течений и потоков [8]. Комбинации этих типов движения (или его отсутствия) определяют поведение осадочных частиц, образование осадочных структур и текстур, формирование подводного аккумулятивного рельефа и предопределяют выделение следующих основных ландшафтно-динамических обстановок осадконакопления.

Статические (седиментационные) обстановки распространены преимущественно в пределах плоских абиссальных равнин и характеризуются почти полным отсутствием движения среды, осаждением материала под действием силы тяжести из облаков глубинной взвеси. В районах высокой биопродуктивности осаждение минеральной взвеси происходит также в процессе биофильтрации. В условиях расчлененного рельефа для этой группы обстановок характерно гравитационное (обвально-осыпное) осадконакопление [9].

В приконтиненталь, на дне абиссальных котловин с холмистым рельефом, распространены обстановки придонных течений: постоянных, контурных и другого генезиса, существование которых на больших глубинах доказано прямыми наблюдениями [2, 21]. Их скорости оказывается достаточно для перемещения осадочного материала, о чем свидетельствуют внутренние и поверхностные текстуры осадков, т.е., по существу, здесь преобладают обстановки транзита материала, нежели его отложения. При снижении скорости течений ниже критической в местах возникновения геоморфологических барьеров образуются крупные аккумулятивные тела, сложенные косослоистыми осадками. При этом осадочный материал всегда играет пассивную роль.

Потоковые обстановки развиты практически повсеместно в условиях расчлененного рельефа. Потоковый тип движения характеризуется высокой нагруженностью осадочным материалом, развитием высокоскоростных суспензионных потоков - турбидитов («лавинная седиментация» по [12]). В отличие от предыдущего типа средам с развитием суспензионных потоков присущ пульсацион-

ный характер динамических процессов, периоды между "импульсами" могут характеризоваться режимом, близким к статическому или придонных течений, в зависимости от морфоструктурной позиции участка. Обстановки развития и транзита суспензионных потоков в основном являются обстановками неотложения, здесь преобладают эрозионные процессы, а осадочный материал играет активную роль. Осадконакопление приурочено к областям разгрузки суспензионных потоков, локальным участкам перегиба склонов или локальным котловинам («запрудам").

Таким образом, синтез методологических исследований и исследований ведущих факторов седиментогенеза на основе системного подхода открывает более широкие возможности для седиментологических реконструкций. Выявление деталей развивающегося во времени и пространстве осадочного процесса представляется в плане введения количественных параметров сред седиментации, более детальной систематизации седиментационных обстановок, разработки критериев для построения седиментационных моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айнемер А.И., Коншин Г.И. Россыпи шельфовых зон Мирового океана. Л., Недра, 1982.

2. Безруков П.Л. Перерывы в глубоководном осадконакоплении и их геологическое значение. - В кн.: Палеонтология. Морская геология. Междунар. геол. конгр., XXV сессия. Докл. сов. геологов. М., Наука, 1976.

3. Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г., Лисицын А.П. Биогенная дифференциация осадочного материала и вопросы зональности пелагической седиментации в Тихом океане. - В кн.: Климатическая зональность и осадконакопление. М., Наука, 1981.

4. Бурков В.А. Общая циркуляция и распределение осадков в Мировом океане. - В кн.: Гидродинамика и осадкообразование. М., Наука, 1983.

5. Геккер Р.Ф. Ископаемая фация гладкого каменного морского дна. - Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, 1960, № 5.

6. Железомарганцевые конкреции Тихого океана / Под ред. П.Л.Безрукова. М., Наука, 1976.

7. Казанский Ю.П. О принципах построения теории осадконакопления. - В кн.: Эволюция литогенеза в истории Земли. Новосибирск, Наука, 1981.

8. Казанский Ю.П. Введение в теорию осадконакопления. Новосибирск, Наука, 1983.

9. Кулямин Л.Н. Биодифференциация терригенной взвеси при формировании гранулометрического состава глубоководных донных осадков. - В кн.: Геология океанов и морей. Тез. докл. УII Всесоюз. школы морской геологии. М., Изд-во АН СССР, 1986.

10. Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации. М., Наука, 1978.

11. Лисицын А.П. Зональность природной среды и осадкообразование в океанах. - В кн.: Климатическая зональность и осадкообразование. М., Наука, 1981.

12. Лисицын А.П. Лавинная седиментация. - В кн.: Лавинная седиментация в океанах. Ростов н/Д., 1982.

13. Лисицын А.П., Виноградов М.Е. Глобальные закономерности распространения жизни в океане и их отражение в составе донных осадков. Образование и распространение биогенных осадков. - Изв. АН СССР, сер. геол., 1982, № 4.

14. Океанология. Геология океана. Осадкообразование и магматизм. М., Наука, 1979.

15. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. М., Изд-во АН СССР, 1960. Т. 1.

16. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., Госгеолтехиздат, 1963.

Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений. М., Недра, 1984.

18. Яншин А.Л., Жарков М.А. Об эволюции осадочных формаций в геологической истории. В кн.: Эволюция осадочного процесса на континентах и в океанах. Новосибирск, Наука, 1981.

19. Berger W.H. - In: Geology of Contin. Margins. Berlin, 1974.

20. Kennett J.R., Watkins N.D. - Antarctic J.U.S., 1974, v.9, N 5.

21. Kennett J.R., Watkins N.D. - Bull. Geol. Soc. Amer., 1976, v.87, N 3.

22. Rawson M.D., Ryan W.B.F. - Lamont-Doherty Geol. Obs., Col. Univ., Palisades, N.Y., USA, 1978.