

УДК 551.305

А.А. ЧИСТЯКОВ, Ф.А. ЩЕРБАКОВ

## СУБАЭРАЛЬНО-МОРСКОЙ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЯД ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Выделение генетических типов четвертичных отложений – одна из основных задач геологии антропогена. Благодаря трудам А.П. Павлова, С.А. Яковлева, Н.И. Николаева и в особенности Е.В. Шанцера была разработана детальная генетическая классификация континентальных отложений. Первоначально Е.В. Шанцер относил морские отложения к одному генетическому типу, и только позднее он пришел к выводу о целесообразности выделения генетических типов в отложениях морей и океанов.

Огромный объем работ по исследованию донных осадков морей и океанов способствовал выделению многочисленных генетических типов и в морских отложениях (данные И.О. Мурдмаа, В.Т. Фролова, О.К. Леонтьева, Ф.А. Щербакова, А.А. Чистякова и др.). Однако и Е.В. Шанцер считал целесообразным выделение смешанных генетических типов, образующихся под воздействием двух или более ведущих факторов аккумуляции. В частности, он предложил выделять смешанный аллювиально-морской генетический тип, к которому он относил дельтовые отложения. Аллювиально-морские отложения – первый генетический тип, выделенный в пограничной зоне между сушей и морем. На границе моря и суши постоянно наблюдается взаимодействие между морскими и субаэральными геологическими процессами, в результате чего происходит формирование весьма специфических обстановок осадконакопления, резко отличающихся от типично морских или континентальных. Такие переходные обстановки осадконакопления можно отнести к субаэрально-морским; хотя они выделяются с известной долей условности, в них под воздействием вполне определенных факторов аккумуляции формируются разнообразные отложения, которые можно подразделять на генетические типы и фации.

Главная отличительная черта субаэрально-морских обстановок осадконакопления – периодическое чередование подводных морских условий с субаэральными и субаквальными. Наиболее ярким примером данной обстановки осадконакопления служат приливные равнины, которые со строгой периодичностью то заливаются морем (при приливе), то осушаются (при отливе). В приливных дельтах или эстуариях происходит периодическая смена солоноватоводных условий осадконакопления на пресноводные. На формирование субаэрально-морских обстановок осадконакопления, кроме колебаний уровня моря и изменений режима речного стока, большое влияние оказывают и геоморфологические условия побережий, и в частности изрезанность береговой линии. Следует отметить, что климат играет весьма существенную роль в формировании отложений, и в различных климатических зонах образуются вполне определенные генетические типы.

## Субаэрально-морские отложения

Парагенетический ряд	Группа генетических типов	Генетический тип
Субаэрально-морской	Аллювиально-морская	Дельтовые отложения
		Отложения эстуариев
	Ледниково-морская	Ледниково-морские отложения
	Лагунная	Лагунные отложения
	Приливно-отливная	Отложения приливно-отливных равнин

В таблице представлены субаэрально-морские отложения, подразделяющиеся на пять генетических типов. Самый яркий представитель субаэрально-морского парагенетического ряда – отложения приливно-отливных равнин, формирующиеся при строго периодической ежесуточной смене морских и субаэральных обстановок осадконакопления.

Обстановки осадконакопления на приливных равнинах отличаются разнообразием и зависят от многих факторов, среди которых основные – климатические и тектонические. По условиям осадконакопления в приливных равнинах можно выделить следующие участки: 1) низкие соляные марши, 2) высокие соляные марши, 3) приливно-отливные русла и 4) прирусловые валы (Конюхов, Голубовская, 1989).

Соляные марши широко развиты на Атлантическом побережье США, на них происходит накопление преимущественно тонкого алеврито-глинистого материала, приносимого с суши водными потоками, в особенности тальми водами, и ветром. Как правило, эти осадки обогащены органическим веществом, имеющим в основном гумусовый состав вследствие образования за счет разложения остатков галофитов. В плейстоцене этот процесс был крупномасштабным, о чем свидетельствуют залежи торфа, вскрытые бурением на открытых участках шельфа, на глубине до 60 м.

Отложения приливно-отливных равнин могут быть представлены не только глинами и алевритами, но также и песчанистыми разностями. Так, классические приливные равнины Голландии и Северной Германии (Северное море) в большинстве случаев сложены песками, преимущественно тонкозернистыми, с различным содержанием среднезернистых разностей. Процессы осадконакопления на приливно-отливных равнинах происходят весьма активно. На соляных маршах побережья Джорджии, Луизианы и Техаса скорость аккумуляции осадков, по данным радиологических исследований, в настоящее время составляет 0,5–1,3 см/год (Orson et al., 1990).

Для приливно-отливных отложений характерно разнообразие седиментационных текстур: горизонтальная параллельная слоистость, разнообразные знаки ряби течений, широкое распространение косых серий слоев сигмовидной формы, развитых на приливно-морских равнинах датского сектора побережья Северного моря и в других районах. Кроме того, корытообразная слоистость с включением мелких разнонаправленных серий косых слоев, названных “селодочным скелетом”.

По сравнению с “водораздельными” участками в приливно-отливных руслах отлагается более крупный материал, причем наиболее грубые осадки концентрируются в устьевых участках проток. Разнообразный раковинный материал накапливается как на дне русел, так и на прилегающих прирусловых валах.

Таким образом, в отложениях приливно-отливных равнин достаточно четко выделяются фации низких и высоких маршей, приливных русел и окаймляющих их прирусловых валов. Они характеризуются специфическими условиями осадконакопления, составом отложений и различаются по включениям растительных остатков и фауны.

Формирование аллювиально-морской группы, относящейся к генетическому типу субаэрально-морских отложений, происходит в условиях еще более сложного взаимодействия морских и континентальных обстановок осадконакопления. Главный фактор накопления этих осадков – сток речной воды и наносов, осаждение которых контролируется и морскими процессами. Среди аллювиально-морской группы выделяются два генетических типа – дельтовые накопления и отложения эстуариев.

Формирование дельтовых накоплений происходит в условиях постепенного перехода гидрологического режима реки в гидродинамический режим приемного морского бассейна. Поэтому фаціальную дифференциацию дельт определяют две группы факторов – речная (русловые процессы, изменчивость стока воды и наносов и др.) и морская (приливы, волнения и течения). По особенностям гидродинамических условий фаціальных обстановок осадконакопления в дельтовых областях выделяют следующие характерные участки: 1) приустьевый, где на русловые процессы начинают воздействовать колебания уровня приемного бассейна, вызываемые приливами и ветровыми нагонами; 2) собственно дельта, где формирование фаций определяется взаимодействием водных масс реки и приемного бассейна; 3) предустьевое взморье, или авандельта, где происходит обмеление моря за счет поступления влекомых речных наносов и ведущими являются морские факторы; 4) прodelта, где откладываются только взвешенные наносы.

На предустьевом участке реки накапливаются обычные фации аллювиальных отложений. Однако приливы и ветровые нагоны вызывают периодические кратковременные задержки течения, что способствует отложению более мелких фракций речных наносов. Приливы и нагоны проникают далеко вверх по руслам рек (Енисей – на 900 км, Амазонка – на 1000 км). Вследствие этого по мере приближения к устью постепенно уменьшается крупность как руслового, так и пойменного аллювия. Однако приливы и нагоны наиболее сильно влияют на собственно дельты, где русло разветвляется на многочисленные рукава и протоки. Соленые, более плотные морские воды вторгаются в дельтовые рукава в виде галоклина. При максимальных приливах в рукавах на какое-то время формируются подпорные участки, где течения вообще отсутствуют. Под воздействием галоклина речная струя теряет взаимодействие со дном, поэтому начинается массовое отложение речных наносов, как влекомых, так и взвешенных. В результате такого процесса формируется специфическая фация приливного подпора, обычно представленная тонкозернистыми, местами илистыми песками с четкой горизонтальной слоистостью озерного облика.

В рукавах дельт, в местах их впадения в приемный бассейн часто образуются предустьевые углубления, возникающие вследствие резкого возрастания скорости донного течения в паводок, когда в устье происходит увеличение уклона водной поверхности. В фации предустьевых углублений обычно присутствуют песчано-алевритистые осадки с горизонтальной или спиралевидной слоистостью, не характерной для вмещающих их аллювиальных отложений.

Предустьевое взморье, или авандельта (delta platform), – это зона, где заканчивается переход гидрологического режима реки в гидродинамический режим приемного морского бассейна. В зоне происходит отложение основной массы речных наносов, образующих специфические аккумулятивные формы в виде устьевых баров и приливных гряд. Устьевые бары образуются в результате уменьшения скорости речного потока вследствие его растекания при выходе на взморье. Объем песчаных наносов, аккумулирующихся на баре, может достигать больших величин. Так, по данным В.Н. Коротаева (1991), на баре одной из протоков дельты р. Индигирки за время весеннего паводка накапливается около 150 тыс. м<sup>3</sup> осадков.

Мористее устьевых баров располагается зона интенсивного смешивания пресных и соленых морских вод, часто совпадающая со свалом глубин, который обычно хорошо просматривается в рельефе дна с четким крутым уступом. Он служит конечной границей распространения влекомых речных наносов в виде донных ак-

кумулятивных форм. Свал глубин слагается осадками, отражающими сезонные колебания стока, – паводковыми или более грубыми, обычно песчаными и меженными, значительно более тонкими, как правило, алевритистыми разностями. Это возникает вследствие того, что в зоне смешения пресных и соленых вод происходит коагуляция и накопление тонких взвешенных частиц. Отложения свала глубин и устьевых баров можно выделить в самостоятельные фации.

На предустьевом взморье возникает сложная система течений, которые выносят взвешенные наносы за свал глубин, где формируются тонкие илестые отложения продельты. Как правило, продельта примыкает к свалу глубин, но при сильных течениях она может быть частично или даже полностью отделена от основной части авандельты. Так, например, продельта р. Роны отделена от свала глубин на несколько десятков километров.

Дельтовые накопления – яркий пример совместного воздействия речных и морских факторов на формирование их многочисленных фаций в пограничной зоне суши и моря. В разных частях дельт можно отметить преобладающее влияние континентальных или морских процессов или их примерное равенство.

Отложения эстуариев формируются при интенсивном взаимодействии континентальных и морских процессов осадконакопления. Эстуарии образуются при подтоплении низовьев речных долин во время морской трансгрессии. С гидрологической точки зрения эстуарий – это полужамкнутый водоем, имеющий открытый выход в море с одной стороны и соединяющийся с рекой с другой. Главная отличительная черта эстуариев – наличие в них речных вод плотностью  $1 \text{ г/см}^3$  и соленых морских вод плотностью  $1,025 \text{ г/см}^3$ . Вследствие низкой плотности пресная речная вода течет по поверхности более плотной соленой воды и растекается в виде слоя, который постепенно утоняется в сторону моря. В то же время придонный клин соленых вод (галоклин) так же постепенно выклинивается вверх по реке. Граница раздела между солеными и пресными водами периодически меняется под воздействием приливов и отливов. Галоклин при максимальных приливах вызывает застойные явления в эстуарии, поэтому эстуарии служат эффективными седиментационными ловушками с высокими скоростями осадконакопления (до  $10 \text{ мм/год}$ ). Осадки поступают в эстуарии из рек в виде влекомых и взвешенных наносов, основная масса которых наносится в короткие паводковые периоды. Значительно меньшее количество наносов может поступать с морскими приливными течениями. Как влекомые, так и взвешенные наносы в основном отлагаются около верхнего края клина соленых вод, где скорость течения резко замедляется, а при максимальных приливах падает до нуля.

В эстуариях можно выделить три основные среды осадконакопления: 1) дно русел, где формируются русловые фации; 2) прибрежные и межрусловые участки пойм, заливаемые при приливах и паводках, на которых формируются участки пойменного облика; 3) мелководные бухты с застойной гидродинамической обстановкой. Русловые фации эстуариев, образующиеся в достаточно высокоэнергетической обстановке, представлены песками, часто грубозернистыми с большим количеством раковин, гальки и кусков древесины. Характерна разнонаправленная косяя слоистость типа “следочного скелета”, образующаяся под воздействием приливных и отливных течений. Осадки пойм представлены слоистыми глинами и алевритами, разделяющимися неслоистыми пачками мощностью от 1 до 10 см. В бухтах в зависимости от источника поступления осадков и энергии волнения могут накапливаться илы или пески с характерной интенсивной биотурбацией, которая слабо развита в слоистых осадках пойм и приливных равнин.

В масштабе геологического времени эстуарии представляют собой достаточно эфемерные образования, так как они быстро заполняются осадками. Время их существования измеряется тысячами, редко несколькими десятками тысяч лет. Заполнение эстуариев осадками происходит от их головных частей к устью и краям. Эстуарная дельта выполнения формируется в голове эстуария и нарастает в сторо-

ну моря. Латеральной аккумуляции, возникающей за счет разрастания маршей и приливных равнин, также отводится значительная роль. Для некоторых эстуариев весьма важным фактором является отложение морских осадков в их устьях. После заполнения эстуария осадками река втекает в море уже по аккумулятивной равнине и формирует дельту выдвигания.

Генетический тип отложений эстуариев – эффективный пример взаимодействия континентальных субаквальных и морских процессов. Эстуарные отложения наглядно отражают все сложные фациальные обстановки субаэрально-морского осадконакопления. В них четко выражен постепенный переход от речных аллювиальных отложений к типично морским осадкам.

Лагунные накопления, относящиеся к генетическому типу, формируются в различных лагунах, широко распространенных на многих морских побережьях. В отличие от эстуариев в лагуны редко впадают крупные реки, поэтому в них практически отсутствует пресная вода. Прибрежные лагуны представляют собой преимущественно мелководные акватории, отчлененные от открытого моря барами, косами или пересыпями. Специфические особенности лагун – мелководность, защищенность от волнового воздействия открытого моря, постоянная или сезонная связь с основными водоемами, повышенная и / или пониженная соленость вод.

На формирование лагунных накоплений большое влияние оказывает климат, и для каждой климатической обстановки характерны свои специфические отложения. Так, в лагунах умеренных широт повсеместно распространены глинистые и алевроито-глинистые илы с многочисленными следами деятельности илоедов. В арктических широтах тонкозернистые осадки лагун часто обогащены материалом ледового разноса – галькой, песком и мелкими валунами. Среди лагунных осадков тропической зоны преобладают тонкие карбонатные илы, переработанные илоедами и поэтому содержащие большое количество фекальных пеллет (Конюхов, Голубовская, 1989); встречаются и оолитовые песчаные осадки.

В лагунах аридных областей (Персидский залив) содержание солей в воде может достигать 120 г/л. В них накапливаются эвапориты, представленные в основном гипсом, ангидритом и полигалитом. На пластах эвапоритов нередко залегают водорослевые подушки или маты, образующие сплошной покров. Эти водорослевые образования обязаны своим возникновением мельчайшим организмам – так называемым цианобактериям. Водорослевые биогермы этого типа многими чертами напоминают широко распространенные в докембрийских разрезах слоистые известняки – строматолиты. Когда-то их формирование происходило на огромных территориях в прибрежных зонах. В настоящее время строматолиты ярко представлены в лагуне Мормона (Южная Калифорния).

Лагунные отложения, относящиеся к генетическому типу, – убедительный пример специфических условий осадконакопления в пограничной зоне между сушей и морем. Лагунные накопления, как и погребенные почвы, – чуткий индикатор климатической обстановки времени их формирования.

В ледниково-морских отложениях сейчас принято выделять большую группу довольно разнообразных, прежде всего терригенных, осадков, формирующихся в подледных условиях. Подледная седиментация происходит в заполненном морскими водами пространстве, образуемом под шельфовыми ледниками арктического типа и под покровом многолетних паковых льдов, подобных тем, которые в настоящее время занимают всю центральную часть Северного Ледовитого океана. Главный источник осадочного материала в большинстве случаев тот, который несет в себе плавающие льды, захватывающие его с суши. Естественно, что наибольшее количество такого материала выносится шельфовыми льдами. Подобные отложения широко распространены на арктических шельфах, где они накапливались в период, например, последнего оледенения Северного полушария на тех участках, которые оставались под уровнем моря (при его регрессии) и под шельфовыми или паковыми льдами (Рыбалко, 1992). Для всех типов отложений подледной седимен-

тации характерно то, что большинство из них относится к так называемым диамиктитам, т.е. осадкам, сложенным двумя и более основными компонентами, представленными частицами разного размера и состава. Среди разнообразных ледниково-морских отложений большая часть относится фактически к морским, и термин “ледниково” в данном случае означает лишь источник осадочного материала и агент его переноса с суши. Однако есть группа фаций этих образований, которые могут быть отнесены к субаэрально-морскому ряду генетических типов. Исследования шельфовых ледников Антарктиды позволили выделить области интенсивного осадконакопления, находящиеся в самом начале шельфового ледника, в месте “отрыва” данного участка ледового щита от коренного субстрата и перехода его в “плавающее” состояние. Здесь, в самом начале прибрежной части морской подледной полости шельфового ледника, образуется зона разгрузки потока талых вод и осадочного материала, идущего из-под субаэральной части ледового щита. Авторы приводимой реконструкции (Cooper et al., 1991) считают, что зона “отрыва” ледового щита от коренного субстрата и перехода его в “шельфовое” состояние часто структурно и геоморфологически обусловлена. В частности, в приводимом ими примере это связано с пологим перегибом поверхности шельфа, служащим бровкой палеошельфа. Кроме лавинного осаждения ледникового материала, в зоне разгрузки происходит и его оползание, в основном в виде оползней или слаборазжиженных масс осадков. В результате уже в морской водной среде, но еще под определяющим потоком вещества с суши, формируется зачастую довольно мощное аккумулятивное тело, которое некоторые специалисты (Alleg et al., 1989) именуют дельтой.

Таким образом, изложенный выше материал позволяет с полной уверенностью сделать вывод о целесообразности выделения субаэрально-морского парагенетического ряда четвертичных отложений, формирующегося в весьма специфических обстановках осадконакопления зоны перехода континентальных процессов седиментогенеза к морским. В парагенетическом ряду выделяется несколько генетических типов, существенно различающихся по условиям формирования и литологическим составам. Однако все они несут черты как континентального, так и морского генезиса. В разных генетических типах могут преобладать черты континентального седиментогенеза или, наоборот, морского осадконакопления. Выделение субаэрально-морских генетических типов в древних отложениях позволит более точно определить палеогеографическую и палеодинамическую обстановку их формирования. Это также поможет наметить древние береговые линии и уточнить контуры палеоморских бассейнов.

## ЛИТЕРАТУРА

*Бровка П.Ф.* Развитие прибрежных лагун. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1990. 148 с.

*Демиденко Н.А.* Типы движения наносов в приливных устьях рек // Тр. Гос. океаногр. ин-та. 1991. № 198. С. 130–140.

*Конюхов А.И., Голубовская Т.Н.* Осадконакопление в различных структурно-геоморфологических зонах Мирового океана. М.: ВИНТИ, 1989. 117 с.: ил. (Итоги науки и техники. Общ. геология; Т. 25).

*Кортаев В.Н.* Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.: ил.

*Михайлов В.Н., Михайлова М.В.* Закономерности формирования дельт выдвижения на открытом морском побережье // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1991. № 5. С. 36–44.

*Михайлов В.Н., Повалишникова Е.С.* Необычное природное явление – “обратный” эстуарий // Там же. 1992. № 1. С. 36–44.

*Рыбалко А.Е.* Генетические критерии выделения ледниково-морских отложений и спорные вопросы палеогеографии северо-западной России в позднем плейстоцене–голоцене // Осадочный покров гляциального шельфа северо-западных морей России. СПб.: ВСЕГЕИ, 1992. ЗРФ(9). С. 11–25.

- Сафьянов Г.А.* Эстуарии. М.: Мысль, 1987. 188 с.: ил.
- Чистяков А.А.* Фациальная дифференциация дельт и глубоководных конусов выноса. М.: ВИНТИ, 1980. 132 с. (Итоги науки и техники. Общ. геология; Т. 10).
- Allen J.R.L.* The Severn Estuary in Southwest Britain: Its retreat under marine transgression, and fine-sediment regime // *Sediment. Geol.* 1990. Vol. 66, N 1/2. P. 13–28.
- Alley R.B., Blankenship D.P., Rooney S.T.* et al. Sedimentation beneath ice shelves – the view from ice stream // *Mar. geol.* 1989. Vol. 85. N 2/4. P. 101–120.
- Anderson J.B., Thomas M.A.* Marine ice-sheet decoupling as a mechanism for rapid, episodic sea-level change: The record of such events and their influence on sedimentation // *Sediment. Geol.* 1991. Vol. 70, N 2/4. P. 87–104.
- Bouma A.H., Roberts H.H., Coleman J.M., Prior D.B.* Delta-front gullies as part of mass movement phenomena: Mississippi River delta front // *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol.* 1991. N 46. P. 99–105.
- Childers D.L., Day J.W.* Marsh-water column interactions in two Louisiana estuaries. 1. Sediment dynamics // *Estuaries.* 1990. Vol. 13, N 4. P. 393–403.
- Cooper A.K., Barrett P.J., Minz K.* et al. Cenozoic prograding sequences of the Antarctic continental margin: A record of glacio-evstatic and tectonic events // *Mar. Geol.* 1991. Vol. 102, N 1/4. P. 171–213.
- Dalrymple R.W., Zaitlin B.A., Boyd R.* Estuarine facies models: Conceptual basis and stratigraphic implications // *J. Sediment. Petrol.* 1992. Vol. 62, N 6. P. 1130–1146.
- Elverh A., Pfirman S., Solheim A.* Glaciomarine sedimentation in epicontinental seas exemplified by the northern Barents Sea // *Mar. Geol.* 1989. Vol. 85, N 2/4. P. 225–250.
- Heijnis H., Berger G.W., Eisma D.* Accumulation rates of estuarine sediment in the Pollard area: Comparison of Pb-210 and pollen influx methods // *Netherl. J. Sea. Res.* 1987. Vol. 21, N 4. P. 295–301.
- Kostaschuk R.A., Luternauer J., McKenna G.T., Moslow T.F.* Sediment transport in a submarine channel system: Frazer river delta, Canada // *J. Sediment. Petrol.* 1992. Vol. 62, N 2. P. 273–282.
- Lennon G.W., Bowers D.G.* Gravity currents and the release of salt water from an inverse estuary // *Nature.* 1987. Vol. 327. P. 341–358.
- McPherson J.G., Shanmugam G., Muiola R.J.* Fan-deltas and braid deltas: Varieties of coarse-grained deltas // *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1987. Vol. 99, N 3. P. 331–340.
- Orson R.A., Simpson R.L., Good R.E.* Rates of sediment accumulation in tidal freshwater marsh // *J. Sediment. Petrol.* 1990. Vol. 60, N 6. P. 859–869.
- Roep Th. B.* Neap-spring cycles in subrecent tidal channel fill (3665 BP) at Schoorldam, N.W. Netherlands // *Sediment. Geol.* 1991. Vol. 71, N 3/4. P. 213–230.
- Sha L.P.* Surface sediments and sequence models in the ebbtidal delta of Texel inlet, Wadden Sea, the Netherlands // *Ibid.* 1990. Vol. 68, N 1/2.
- Sherwood Ch.R.* Sedimentary geology of the Columbia River estuary // *Progr. Oceanogr.* 1990. Vol. 25, N 1/4. P. 15–79.
- Shi Zhong.* Tidal bedding and tidal cyclicities within the internal sediments of a microtidal estuary, Dyfi River Estuary, West Wales, U.K. // *Sediment. Geol.* 1991. Vol. 73, N 1/2. P. 43–58.
- Smith N.D., Phillips A.C.* A mechanism for producing cyclic sediment laminations in glaciomarine deltas // *Geology.* 1990. Vol. 18, N 1. P. 10–13.

## ABSTRACT

Subaerial-marine deposits are formed on the boundary between land and sea. These deposits have been accumulated in the result of mutual interaction between continental and marine geological processes. There are five genetic types in a subaerial-marine group: 1) ebb-tide accumulative planes; 2) deltaic sediments; 3) estuarine deposits; 4) lagunal sediments; 5) ice-marine deposits. The recognition and subdivision of subaerial-marine deposits will be very useful for paleogeographic reconstructions.