

УДК 551.462 *А.А. Чистяков, Ф.А. Щербаков*  
ЛАВИННОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ В СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ЛОВУШКАХ  
КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН

Граница суши и моря разделяет области преобладающей эрозии и денудации от областей преимущественного осадконакопления. Континентальные окраины, включающие в себя шельф, континентальный склон и подножие, являются главной зоной накопления осадочного материала, в пределах которой отлагается свыше 90% наносов, выносимых с суши, т.е. осуществляется процесс, который А.П. Лисицыным [1982] назван лавинной седиментацией. Однако накопление преимущественно терригенных осадков на континентальных окраинах в зависимости от климатических и гидродинамических условий, тектоники и рельефа дна, а также многих других факторов происходит крайне неравномерно. В их пределах существуют как крупные узлы осадконакопления, где скорости отложения осадков и их мощности очень велики, так и локальные участки или активной седиментации, или, наоборот, преимущественного размыва. В целом можно отметить, что осадконакопление на континентальных окраинах в основном происходит в различных седиментационных ловушках, хотя, конечно, существует и площадная седиментация.

Под седиментационными ловушками мы понимаем участки, где под воздействием различных факторов происходит быстрое локализованное осадконакопление, приводящее к формированию крупных аккумулятивных тел, сохраняющихся в геологических разрезах. Все многообразные седиментационные ловушки можно подразделить на два главных типа: структурно-геоморфологические и седиментационные (таблица). К первым относятся отрицательные элементы рельефа различного генезиса, формы и размеров с относительно более спокойным по сравнению с окружающими участками гидродинамическим режимом, в которых может происходить интенсивная локальная разгрузка поступающих наносов. Как правило, такого рода понижение рельефа дна при достаточном количестве наносов быстро выполняется осадками, но могут существовать и довольно длительное время, если в них действуют течения, способные перемещать и выносить поступающий осадочный материал.

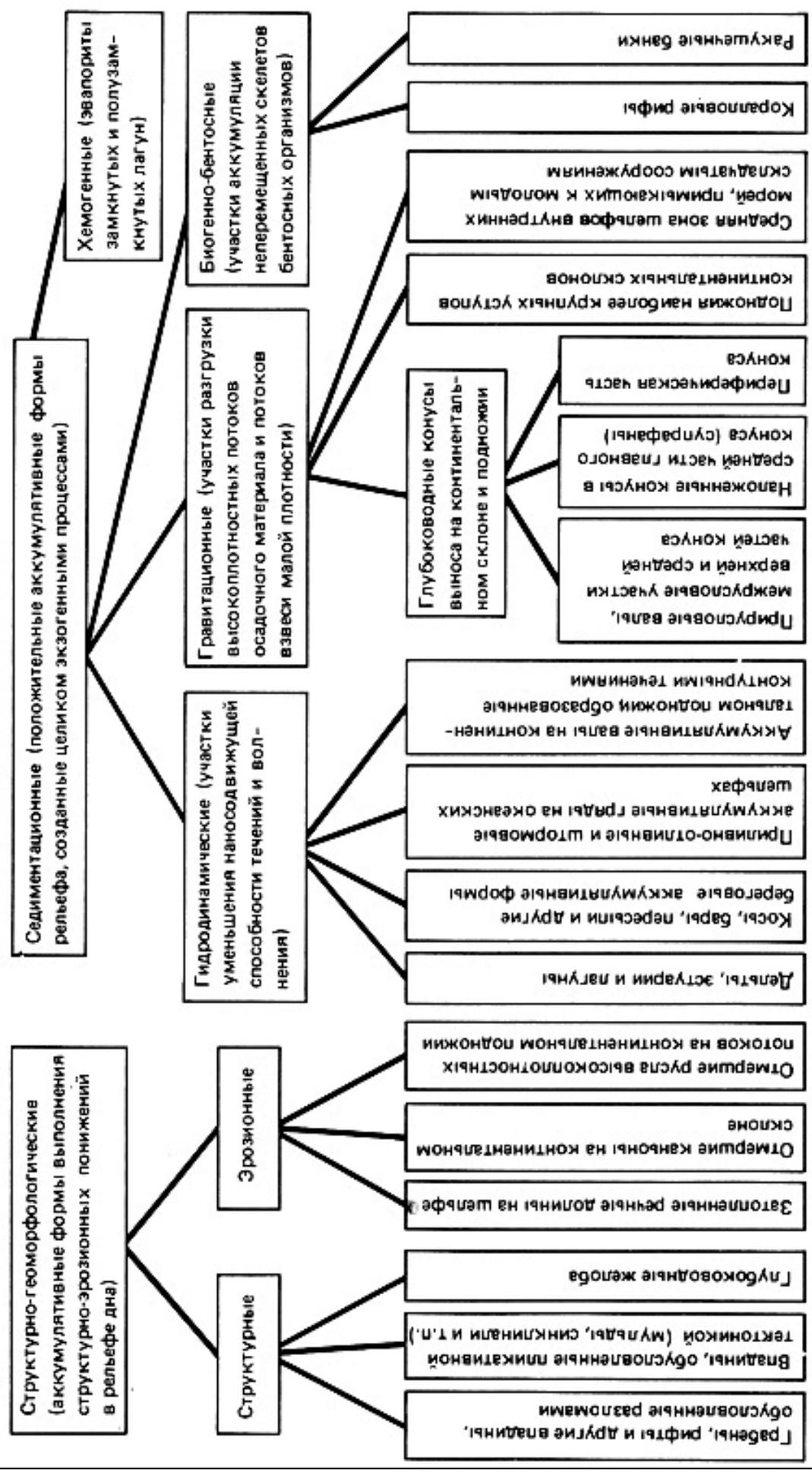
Вторые (седиментационные) представляют собой крупные положительные аккумулятивные формы, целиком созданные экзогенными процессами, практически без непосредственного влияния тектонических факторов.

Структурно-геоморфологические ловушки осадочного материала подразделяются нами на структурные и эрозионные. К первым относятся грабены, рифты и другие впадины, обусловленные разломами понижения дна, образованные пликативной тектоникой (мульды, синклинальные прогибы и т.п.), и глубоководные желоба, представляющие собой наиболее грандиозные отрицательные формы рельефа континентальных окраин. К эрозионным ловушкам мы относим затопленные речные долины на шельфе, отмершие каньоны на континентальном склоне и отмершие русла высокоплотностных потоков на континентальном подножии.

Структурные ловушки осадочного материала, обусловленные разрывными нарушениями, связаны с двух- или односторонними гребнями и особенно хорошо выражены на шельфах. Примером такой ловушки может служить часть северо-западного шельфа Черного моря (рис. 1), прилегающая к Западному Крыму [Щербаков и др., 1978]. С запада она ограничена омоложенным уже в четвертичное время меридиональным Николаевским разломом, восточное крыло которого, т.е. шельф Западного Крыма, резко опущено и продолжает интенсивно погружаться. Этим обусловлено то, что к востоку от упомянутого разлома мощности позднечетвертичных, прежде всего голоценовых, осадков резко повышены и весь шельф Западного Крыма в целом покрыт мощной (во многих местах свыше 2 м) толщей новейших терригенных илов, в то время как на большей части поверхности северо-западного шельфа Черного моря слой голоценовых осадков, представленных к тому же ракушечниками, весьма маломощен.

Таблица

Типы ловушек осадочного материала на континентальных окраинах



Седиментационные ловушки, связанные с отрицательными структурами пликвативного характера, также характерны для шельфов в основном молодых складчатых сооружений. Хорошие примеры таких ловушек имеются на черноморском шельфе Керченского и Таманского полуостровов. Известно, что на этом шельфе прослеживаются цепочки брахискладок общего юго-западно - северо-восточного простирания. С синклинальными зонами этой системы складок связаны участки повышенных (до 2 м и более) мощностей голоценовых осадков, представленных обычно терригенными илами. В отличие от этого, участки дна над ядрами брахиантиклиналей, как правило, покрыты маломощным слоем голоценовых осадков, представленных существенно биогенными ракушечными отложениями. В тектонической синклинальной впадине Санта-Моника (Калифорнийская континентальная окраина) скорости осадконакопления колеблются от 40 до 80 см/тыс. лет [Olsen, 1978].

Глубоководные желоба являются наиболее крупными структурными ловушками континентальных окраин. Они протягиваются на многие сотни километров и представляют собой узкие депрессии океанического дна с очень крутыми склонами и относительными глубинами более 3-5 км. Ширина днищ желобов редко превышает 5 км. Желоба перехватывают практически весь обломочный материал, поступающий с прилегающей суши.

В глубоководных желобах выделяется несколько типов отложений. К первому относятся пелагические осадки, накапливающиеся в результате простого гравитационного осаждения взвеси из толщи воды. Второй тип представлен терригенными фациями, состоящими из гемипелагических алевроито-глинистых осадков, отлагавшихся в слабо турбидитных условиях, и более грубых типичных турбидитов. В высоких широтах к ним примешивается материал ледового разноса. Скорости такого рода терригенного осадконакопления могут достигать 175-200 мм/тыс. лет [Olsen, 1978]. Наибольший интерес представляют отложения выполненных днищ желобов, представленные в основном горизонтально залегающими песчаными и алевроитовыми турбидитами с четкой градиционной слоистостью. Турбидитовые течения зарождаются на внешнем шельфе и верхней части континентального склона и переносят осадки по подводным каньонам к осевой части желоба. Скорости осадконакопления в днищах желобов в тесной зависимости от количества поступающих наносов колеблются от 300 до 3000 мм/тыс. лет [Olsen, 1978]. В результате таких высоких скоростей осадконакопления за последние несколько сот тысяч лет в Алеутском и Южно-Чилийском желобах накопилось более 1 км осадков. На днище желобов обычно имеется продольное главное русло, по которому под воздействием турбидитных течений происходит значительное перемещение песчаных наносов, образующих крупные вытянутые аккумулятивные тела.

В устьях каньонов, пересекающих стенки желобов, часто формируются небольшие глубоководные конусы выноса, накладывающиеся на другие фации. Наложеными на другие фации являются и оползневые скопления. Большая часть современных активных желобов почти пустая и содержит менее 400 м осадков. Однако есть и желоба, целиком выполненные осадками, как, например, Южно-Чилийский. Быстрое выполнение современных желобов Тихого океана, по-видимому, происходило там, где в них поступало большое количество турбидитных осадков в течение плейстоцена. Наиболее интенсивно турбидитные осадки поступали во время средне- и верхнеплейстоценовых оледенений, когда резко усиливалась эрозия и скорости осадконакопления. Желоб Пуэрто-Рико, например, имеет мощность осадков более 2300 м, из которых 1700 м составляют турбидиты. Затопленные речные долины на шельфе - один из наиболее характерных примеров седиментационных ловушек эрозионного происхождения. Эти долины, как правило, заполняются частично или полностью довольно мощной толщей обычно существенно глинистых терригенных илов. Примером такого заполнения является так называемый Днепровский желоб на северо-западном шельфе Черного моря (см. **рис. 1**), где мощности подобных илов голоценового возраста превышают 1 м, в то время как на

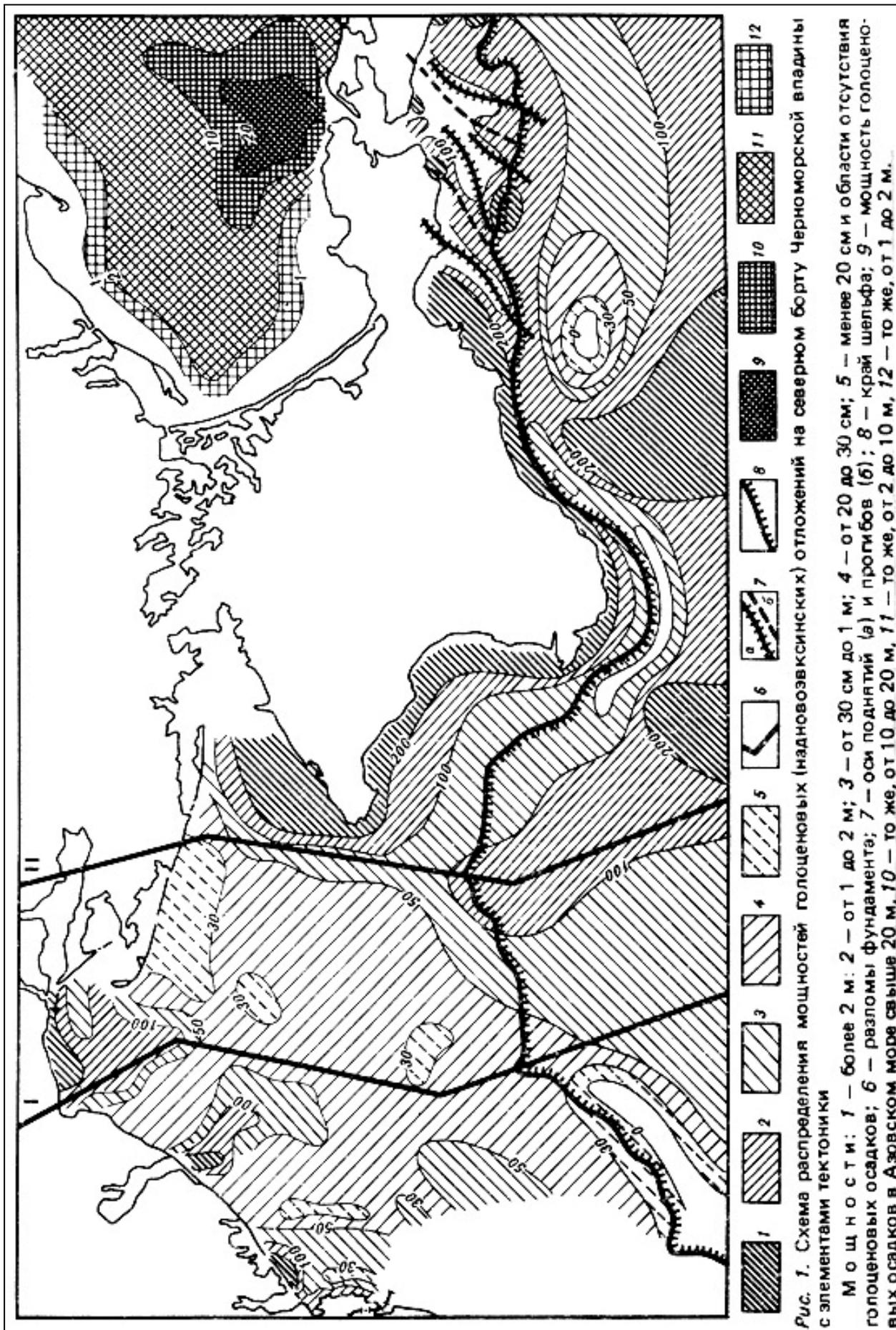


Рис. 1. Схема распределения мощностей голоценовых (надновозовских) отложений на северном борту Черноморской впадины с элементами тектоники

Мощности: 1 — более 2 м; 2 — от 1 до 2 м; 3 — от 30 см до 1 м; 4 — от 20 до 30 см; 5 — менее 20 см и области отсутствия голоценовых осадков; 6 — разломы фундамента; 7 — оси поднятий (а) и прогибов (б); 8 — край шельфа; 9 — мощность голоценовых осадков в Азовском море свыше 20 м, 10 — то же, от 10 до 20 м, 11 — то же, от 2 до 10 м, 12 — то же, от 1 до 2 м.

прилегающих участках шельфа мощность голоценовых осадков, представленных уже ракушечниками, не превышает первых десятков сантиметров. В затопленной долине р. Гудзон длиной до 130 км мощность голоценовых осадков достигает 22 м, в то время как на прилегающих к ней участках шельфа она не превышает 5-10 м.

Каньоны, рассекающие континентальный склон, а своими верховьями заходящие и в пределы шельфа, представляют собой каналы перемещения больших масс терригенных осадков, поступающих непосредственно из устьев рек или при вдольбереговом перемещении наносов. Этот перенос осуществляется обычными придонными течениями и турбидитными потоками. Однако при повышении уровня моря каньоны могут выполняться осадками илисто-алевритового состава в том случае, когда отсутствует непосредственная литодинамическая связь каньона с шельфом. Если же такая связь существует, каньоны обычно выполняются песками. Можно привести много примеров полностью выполненных осадками палеоканьонов различного возраста.

Отмершие русла высокоплотностных потоков, расчленяющие глубоководные конусы выноса, также, как и каньоны, служат эрозионными ловушками, в которых накапливаются отложения относительно более грубозернистые по сравнению с прилегающими осадками. В руслах верхнего конуса это крупнослоистые, хорошо сортированные пески и гравий, а в руслах среднего и нижнего конуса это тонкозернистые пески и турбидиты. Седиментационные ловушки можно подразделить на четыре основных подтипа (типы см. таблицу): 1) гидродинамические, представляющие собой участки уменьшения наносодвижущей способности течений и волнения; 2) гравитационные, являющиеся участками разгрузки высокоплотностных потоков осадочного материала и потоков взвеси малой плотности; 3) биогенно-бентосные, представляющие собой участки аккумуляции неперемещенных скелетов бентосных организмов, и 4) хемогенные, представляющие собой участки быстрого накопления эвапоритов в замкнутых и полужамкнутых лагунах.

Наиболее крупными среди гидродинамических ловушек являются дельты, характеризующиеся мощным и интенсивным осадконакоплением. Так, например, в дельте Миссисипи за 2 млн. лет накопилось 2000 м осадков со средней скоростью 10 см за тыс. лет [Olsen, 1978]. Мощность отложений в Бенгальской дельте превышает 10 км, а скорость современного осадконакопления достигает 5 см/год. Материальный прирост дельт колеблется от 10-20 до 100 м и более в год.

Фациальная дифференциация дельт, зависящая от многих факторов отличается большой сложностью и многообразием. Она детально разработана в работах одного из авторов статьи [Чистяков, 1980].

Эстуарии также являются седиментационными ловушками с высокими скоростями осадконакопления (от 100 до 80 см/тыс.л). Образование современных эстуариев произошло в результате послеледникового повышения уровня Мирового океана, которое привело к подтоплению речных долин. Гидродинамические условия эстуариев, которые определяет осадконакопление, целиком зависят от взаимодействия речного и приливного потоков. В эстуариях отлагается материал, поступающий из рек, а также осадки морского происхождения, принесенные с моря или из береговой зоны. Роль морских осадков наиболее велика для эстуариев с малыми расходами воды и речных наносов и высокими приливами. Сложная циркуляция воды в эстуариях, возникающая в результате вхождения придонного клина соленых вод во время приливов, приводит к накоплению как грубых, преимущественно песчаных, так и тонких осадков. Пески, часто содержащие большое количество раковин, галек и остатков древесины, формируются в местах наиболее активных течений, главным образом на дне русел или вдоль берегов с высокой волновой активностью. Тонкие, алеврито-глинистые осадки накапливаются в затишных зонах, и в частности, в месте выклинивания галоклина, где формируется фация приливного подпора.

Послеледниковая трансгрессия, приведшая к образованию эстуариев, вызвала также формирование барьерных островов, которые и отчленили лагуны, соединяющиеся с

морем проливами различной ширины. Лагуны представляют собой неглубокие водные бассейны с соленостью воды ниже нормальной, нормальной и выше нормальной, ограниченные каким-либо барьером от воздействия сильного волнения. Барьер также ограничивает циркуляцию вод, и в лагунах отлагаются значительно более тонкие осадки, по сравнению с окружающими участками со значительной волновой активностью. В тропических лагунах отлагаются преимущественно карбонатные осадки за счет обитающих в них организмов с известковыми раковинами. При значительном поступлении речных наносов в лагуну карбонатные осадки не формируются, а накапливаются терригенные отложения. В гумидном климате вследствие значительного притока речных и дождевых вод лагуны обычно солоновато-водные. Средняя скорость осадконакопления в лагунах Техасского побережья США равняется 350-400 см/тыс. лет [Olsen, 1978].

Классическим примером седиментационных гидродинамических ловушек являются те участки прибрежной зоны, где создаются условия для формирования береговых волновых аккумулятивных форм вследствие продольного (вдольберегового) или поперечного перемещения наносов. Так называемые свободные аккумулятивные формы - косы формируются за счет вдольберегового перемещения наносов волнением и поэтому возникают обычно при резком изгибе контура коренного берега в образующейся волновой тени. Из крупных форм подобного типа можно упомянуть косу Хель на Балтике: детально такие формы описаны и изучены в ряде классических трудов В.П. Зенковича [1962], О.К. Леонтьева [Леонтьев и др., 1975] и многих других.

Формы поперечного питания донным материалом - это главным образом пересыпи лагун и лиманов, а также бары. Они характерны для побережий, располагающихся в пределах обширных депрессий, заполненных более или менее мощными толщами осадочных, рыхлых пород.

Наиболее крупными аккумулятивными формами такого рода являются барьерные острова, представляющие собой продолговатые осадочные тела, встречающиеся во многих прибрежных районах мира. Они могут достигать до 100 км в длину, при ширине 20 км и высоте до 50 м. Как правило, барьерные острова в общем параллельны береговой линии, от которой отделены узкой полосой воды или марша. Барьеры состоят из "зрелых" песков с высокой пористостью и проницаемостью. Они окаймляют лагунные и шельфовые - более тонкозернистые, богатые органикой осадки, которые могут являться нефтематеринскими породами. Древние барьерные острова и другие крупные волновые аккумулятивные формы - природные резервуары для нефти и газа. Мощности такого рода аккумулятивных форм часто превышают 100 м и более, а скорости их латерального роста могут достигать многих десятков метров в год.

Весьма специфические гидродинамические ловушки - аккумулятивные валы на континентальном подножии, образованные контурными течениями.

Эти гигантские валообразные тела имеют в ширину десятки, а в длину - многие сотни километров. Они, как и береговые аккумулятивные формы, образуются при падении наносодвижущего потенциала крупных придонных контурных течений. Эти валы сложены отложениями течений и составляют фациальный комплекс, названный Хизеном и Холлистером контуритами. Они обычно представлены тонко- и одновременно волнисто-слоистыми алевритово-глинистыми илами с прослоями алевритов, а местами и тонкозернистых песков. Гораздо реже условия для формирования подобных отложений создаются на шельфах. Пока таким примером можно считать известное валообразное поднятие на шельфе Болгарии, о чем, в частности, говорят изученные авторами характерные текстуры слагающих этот вал осадков (рис. 2).

Столь же своеобразны и типичны гидродинамические ловушки в виде штормовых и приливных гряд, формируемые соответствующими течениями преимущественно на океанских шельфах средних широт, таких, как шельф Северной Европы, атлантический шельф Северной Америки, Индоокеанский шельф Южной Африки и многих других.

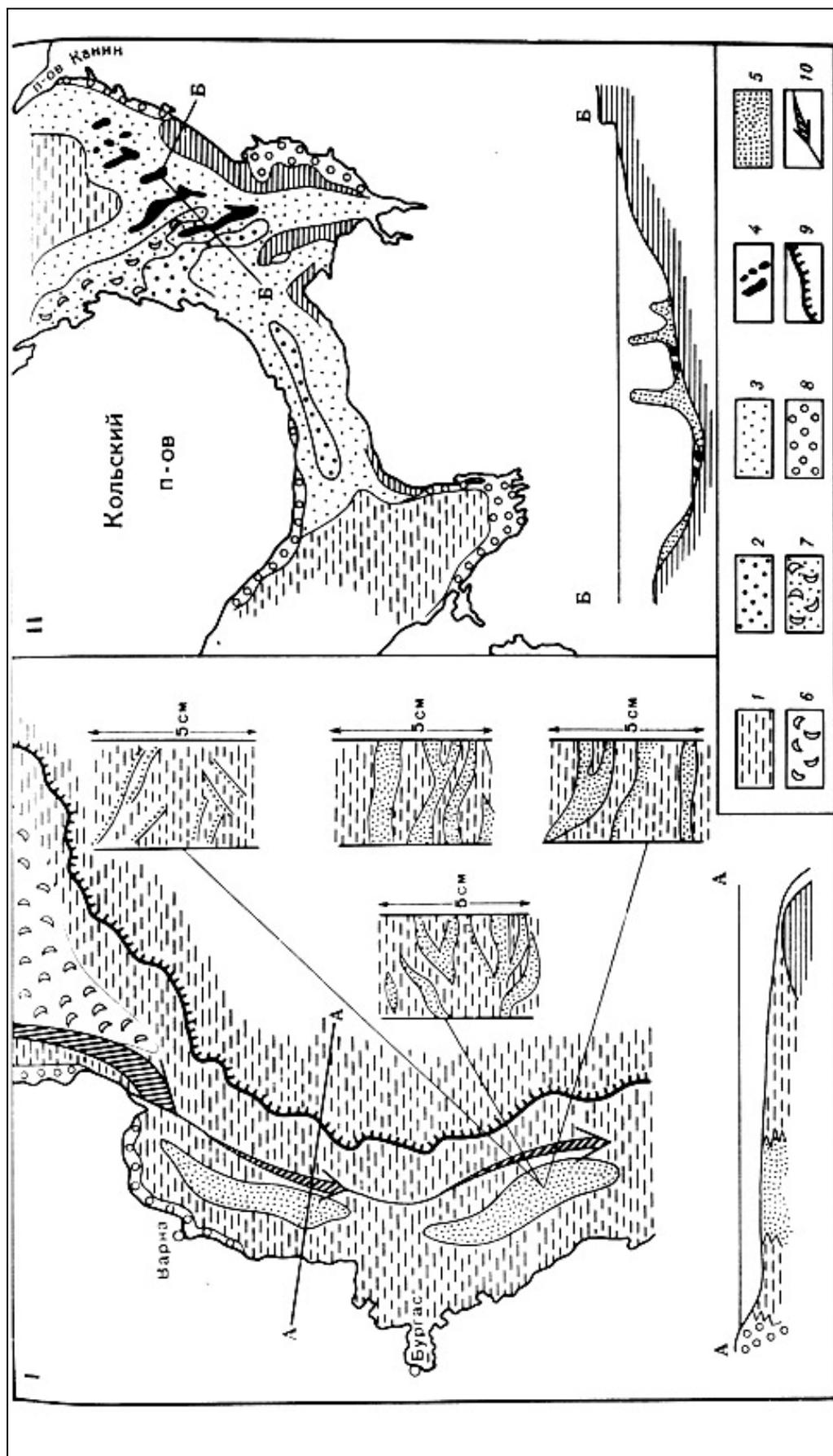


Рис. 2. Примеры гидродинамических седиментационных ловушек на шельфах: А — Болгарии, Б — Белого моря

1 — "нормально-осадочные" терригенные или гравитационного осадения взвеси малой плотности; 2 — реликтовые терригенные пески; 3 — палимпсестовые (реликтово-перетолженные) пески; 4 — приливные гряды, сложенные палимпсестовыми песками; 5 — контуриты (алевриты, илстые алевриты и т.п.); 6 — биогенно-бентосные отложения (ракушечники); 7 — смешанные терригенно-биогенные пески (реликтовые) с ракушей; 8 — прибрежные (волновые) пески; 9 — край шельфа; 10 — направление постоянно взвешенного (контурного) течения вдоль шельфа Болгарии (толщина стрелки отражает взвешивающую способность течения)

Это крупные, вытянутые по направлению господствующего течения валообразные аккумулятивные формы, сложенные довольно хорошо сортированными, так называемыми палимпсестовыми песками, длина которых в десятки километров при ширине в сотни метров и мощности до нескольких десятков метров, как, например, известные приливные гряды внешней части Белого моря (см. [рис. 2](#)).

Среди гравитационных седиментационных ловушек наиболее крупными и важными являются глубоководные конусы выноса, приуроченные к континентальному склону и подножию [[Stanley, 1978](#)]. В пределах глубоководных конусов наиболее интенсивное осадконакопление отмечается для прирусловых валов и междусловых участков верхней и средней частей конуса, наложенных конусов (супрафанов) средней части главного конуса и для периферической части конуса ([рис. 3](#)). Прирусловые валы, часто значительной высоты, формируются как за счет выплескивания наносов из русел, так и вследствие неравномерного осадконакопления. Для них характерны тонкослоистые турбидиты с мелкой косо́й слоистостью в отдельных линзах. На пологоволнистых и почти ровных междусловых участках верхнего конуса большей частью накапливаются алевриты и очень мелкозернистые пески с тончайшей горизонтальной слоистостью. Наложённые конусы слагаются в основном хорошо сортированными средне- и мелкозернистыми песками и могут служить хорошим природным резервуаром для накопления углеводородов. В периферической части конуса формируется разрез классических турбидитов.

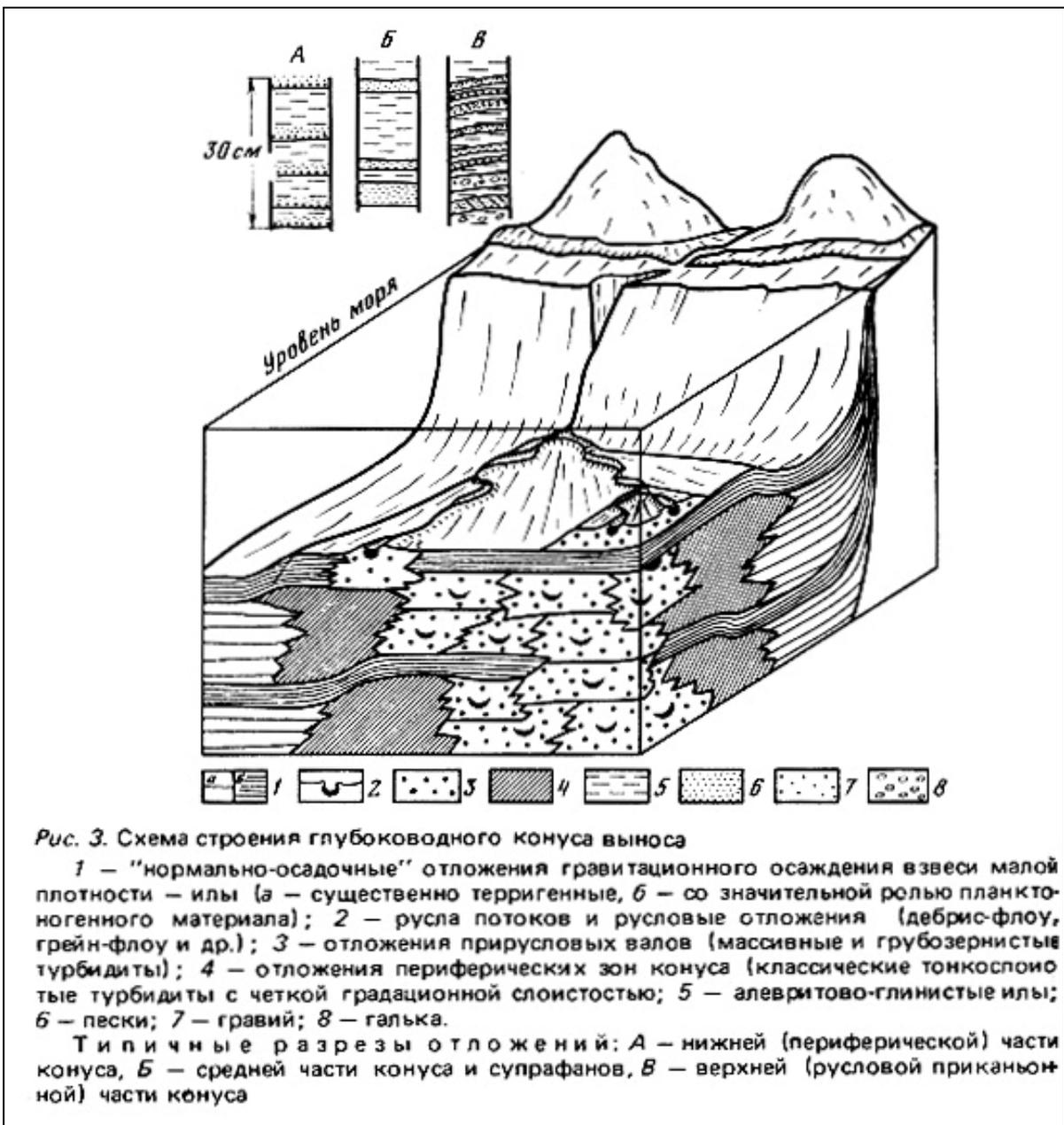
Активное развитие конусов в Мировом океане происходило во время плейстоценовых оледенений, когда современные шельфы осушались, верховья каньонов были близки к береговой линии и получали огромное количество обломочного материала. Однако в пассивную фазу развития во время голоценовой трансгрессии скорости осадконакопления на глубоководных конусах иногда снижаются до 80-100 мм/тыс. лет.

Специфические ловушки осадочного материала располагаются у основания крутых уступов континентального склона и подножия. Здесь могут накапливаться оползневые массы многометровой мощности. По-видимому, такие ловушки наиболее характерны для континентальных склонов и подножий молодых складчатых сооружений, подтверждением тому служит, например, вскрытие нами у подножия одного из наиболее крутых участков континентального склона Юго-Западного Крыма толщи позднеплейстоцен-голоценовых отложений, большая часть которой, относящаяся к позднему плейстоцену, представляет собой отложения типа оползневой брекчии, образованной из множества неправильной формы кусков довольно плотного ила разного цвета, которые явно оторвались, соскользнули и сползли с крутой части склона, покрытой обычно довольно сильно уплотненными илами и глинами плейстоцена [[Щербаков и др., 1978](#)]

Седиментационными ловушками гравитационного типа часто фактически оказываются довольно значительные пространства средней части шельфов внутренних морей, таких, например, как Черное.

В подобных бассейнах прибрежная зона воздействия характерного для них короткопериодного волнения охватывает лишь верхние 20-30 м шельфа. Так как во внутренних морях различные течения редко приобретают наносодвижущее значение, то обычно на большей части шельфа господствует гравитационное осаждение взвеси малой плотности в основном терригенного происхождения. Большая ее часть чаще всего осаждается непосредственно за пределами прибрежной волновой зоны, и в этой полосе мощности терригенных илов голоценового возраста достигают нескольких, а порою 10 м и более, как это имеет место на шельфе Южного Крыма и Болгарии (в последнем случае такая мощность сейчас подтверждена бурением).

К биогенно-бентосным седиментационным ловушкам относятся коралловые рифы и ракушечные банки, скорости роста которых достаточно велики и колеблются от 20-30 до 4000 см/тыс. лет [[Olsen, 1978](#)].



В хемогенных ловушках, представляющих собой замкнутые и полузамкнутые лагуны и заливы, в аридном жарком климате происходит накопление эвапоритов со скоростью до 500 см/тыс. лет (Кара-Богаз-Гол).

Приведенный материал показывает, что в пределах континентальных окраин происходит активная лавинная седиментация, вызывающая формирование многочисленных генетических типов морских, преимущественно терригенных осадков [Щербаков, 1982]. Осадки эти главным образом накапливаются в различных седиментационных ловушках и часто образуют крупные аккумулятивные тела, благоприятные для поисков различных полезных ископаемых, в особенности нефти и газа. Выделение седиментационных ловушек в древних отложениях имеет и большое палеогеографическое значение, так как позволяет определить древние среды осадконакопления, особенности палеорельефа и наметить разновозрастные береговые линии.

## Литература

*Зенкович В.И.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР. 1962. 462 с.

*Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафьянов Г.А.* Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1975. 336 с.

*Лисицын А.И.* Лавинная седиментация. - В кн.: Лавинная седиментация в океане. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов, ун-та, 1982, с. 3-59.

*Чистяков А.А.* Условия формирования и фациальная дифференциация дельт и глубоководных конусов. - В кн.: Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1980, с. 163. (Сер. Геология; Т. 10).

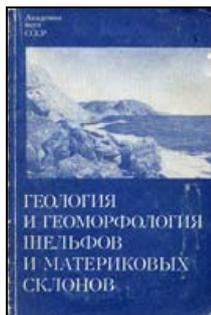
*Щербаков Ф.А., Куприн П.Н., Забелина Э.К.* и др. Осадконакопление на континентальной окраине Черного моря. М.: Наука, 1978. 210 с.

*Щербаков Ф.А.* Генетические типы отложений континентальной окраины и основные черты их формирования. - В кн.: Проблемы четвертичной истории шельфа. М.: Наука, 1982, с. 27-38.

*Olsen K.R.* Rates of sedimentation. - In: Encyclopedia of sedimentology. Stroudsburg (Pa): Dowden, Hutchinson and Ross, 1978, p. 780-786.

*Stanley D.J.* Submarine fan (cone) sedimentation. - In: Encyclopedia of sedimentology. Stroudsburg (Pa): Dowden, Hutchinson and Ross, 1978, p. 180-186.

## Ссылка на статью:



*Чистяков А.А., Щербаков Ф.А.* Лавинное осадконакопление в седиментационных ловушках континентальных окраин. – В кн.: Геология и геоморфология шельфов и материковых склонов. М., «Наука», 1985, с. 11-20.

<http://www.evgengusev.narod.ru/geomorph/chistyakov-1985.html>