

ЭСТУАРНО-ДЕЛЬТОВЫЕ СИСТЕМЫ¹

Вопросам формирования речного русла в низовьях и устьях рек в научном наследии Н.И. Маккавеева уделено относительно небольшое внимание по сравнению с другими разделами учения об эрозионно-аккумулятивном процессе [1, 2]. Именно это обстоятельство, очевидно, заставило Н.И. Маккавеева инициировать создание в структуре вновь организованной в МГУ Проблемной лаборатории направления, связанного с исследованием морфологии и динамики речных дельт. С 1969 по 1992 гг. были детально изучены устья крупных рек арктического побережья Сибири от Оби до Колымы. За последние 10 лет к ним прибавились дельты Кубани и Волги. Многолетний цикл стационарных работ был связан с устьями рек бассейна озера Иссык-Куль, где в натуральных условиях проверялись многие теоретические разработки Н.И. Маккавеева [3, 4].

Под **эстуарно-дельтовыми системами** понимается *комплекс субэзральных и субаквальных аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских аккумулятивных и эрозионных форм рельефа и слагающие их отложения, сформированные рекой и морем в пределах устьевого конуса выноса реки за определенный исторический интервал времени.*

С позиций динамической геоморфологии “речная дельта” представляет собой прежде всего форму рельефа земной поверхности и геологическое тело, сформированное рекой в контактной зоне река–море, а уже затем систему дельтовых водотоков. С этой точки зрения дельта имеет четкие геоморфологические границы и определенное положение среди прибрежных фаций в области континентального и шельфового седиментогенеза.

Понятие “эстуарно-дельтовой системы” позволяет объединить в одном определении взаимосвязанные в масштабе геологического времени и по ведущему рельефообразующему фактору, но различные по возрасту и литологии части единой природной устьевой геосистемы – субэзральную дельтовую равнину (активную и отмершие ее части) и субаквальную мелководную платформу (авандельту), где процессы формирования дельтовых фаций сменяются шельфовым седиментогенезом (рис. 1).

В общем процессе развития устья реки **дельтообразование** занимает особое место, связанное прежде всего с накоплением толщи речных отложений, появлением субэзральных образований и гидрографической сети, продуктом которого становится дельта [5–7]. Формирование в устье реки дельты придает ему новый классификационный признак, который реализуется в морфогенетическом типе речного устья: эстуарно-дельтовом, лиманно-дельтовом, лагунно-дельтовом и собственно дельтовом.

Геологическая история низовьев реки и шельфа, гидрологический режим реки, климатические особенности речного бассейна, форма сопряжения реки с приемным водоемом и гидродинамика устьевого взморья, – все это влияет на конкретные проявления руслоформирующих процессов и определяет направленность и специфику процессов дельтообразования. В широких пределах варьируют площади субэзральных дельтовых равнин, занимающие от 1/10 до 1/1000 общей площади речного бассейна; различны форма и объемы дельтовых тел. Однако для всех морфогенетических типов дельт характерны следующие черты: 1) сосредоточение стока в наиболее крупных и коротких рукавах, заиливание и отмирание мелких дельтовых протоков; 2) консолидация пойменных массивов и переход проточно-островной дельтовой поймы в ложбинно-островную; 3) заполнение остаточных емкостей и внутريدельтовых водоемов;

¹ Выполнена по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-790.2008.5).

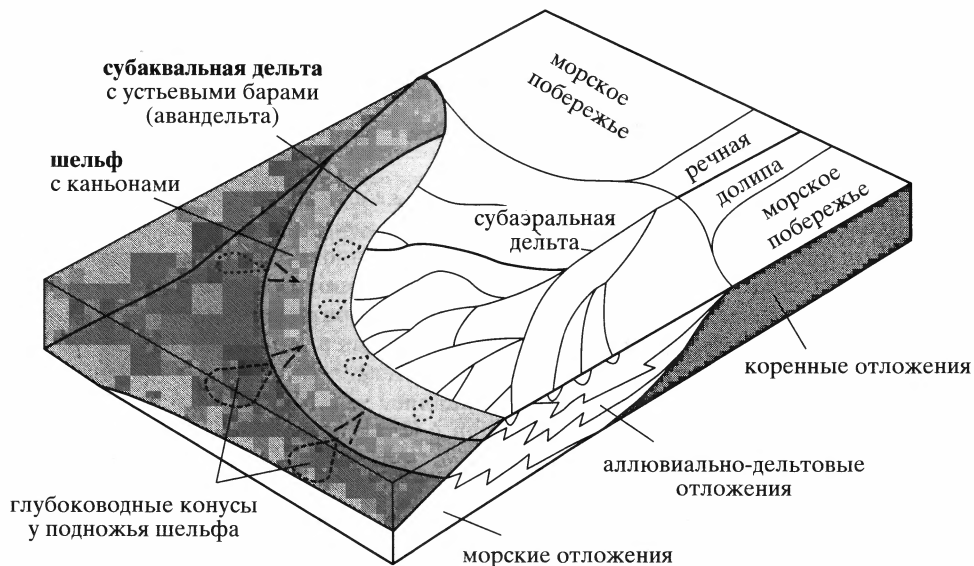


Рис. 1. Блок-схема речной дельты

4) формирование типичных русловых (осередков, кос, побочней, перекатов) и устьевых (приустьевых кос, баров, ложбин стока) форм. Следовательно, наиболее типичным и характерным для дельтового района является процесс возникновения, развития и отмирания рукавов и протоков (гидрографической сети) и формирование устьевых баров (первичного элемента субаквальной части речной дельты).

Геоморфологические и осадочные эстуарно-дельтовые системы

Современный облик речных устьев сложился в результате их длительной эволюции в период регрессивно-трансгрессивного цикла Мирового океана в течение последних 30 тыс. л., когда уровень моря сначала упал почти на 100 м, а затем поднялся до современных отметок. Сопутствующие изменению уровня моря значительные по величине и сравнительно быстрые во времени перемещения береговой линии приводили и к существенным пространственным смещениям дельтовых тел и коренной перестройке их гидрографической сети. Наиболее значительным следствием послеледниковой трансгрессии явилось затопление прибрежных равнин и проникновение морских вод во все депрессии береговой линии. Большинство речных долин превратились в ингрессионные заливы или приустьевые бухты. Дальность проникновения морских вод зависела от местных особенностей проявления послеледниковой трансгрессии, от уклонов в низовьях рек и тектонического режима побережья. Голоценовые эстуарно-дельтовые осадочные и геоморфологические системы, включающие обширные пространства низменных субаэральных аллювиально-дельтовых равнин со сложной гидрографической сетью дельтовых водотоков и мелководные акватории субаквальных авандельт, сложились на побережьях Мирового океана за последние 7–5 тыс. л. в заключительную фазу послеледниковой трансгрессии океана [8].

За это время в устьях большинства крупных рек была накоплена толща аллювиально-дельтовых отложений и сформирован специфический рельеф приустьевых субаэральных равнин, которые имеют четкие геоморфологические границы и определенное стратиграфическое положение среди прибрежных фаций в контактной зоне континентального и шельфового седиментогенеза.

На примере изучения устьев многих крупных рек Мира установлено, что наиболее распространенным морфогенетическим типом эстуарно-дельтовых систем на побережьях океана и окраинных морей являются **дельты выполнения долинных заливов** (эстуариев, риас, лиманов) и **дельты выполнения устьевых лагун** (*bay-head deltas*), или *эстуарно-дельтовые и лагунно-дельтовые системы*. Это следствие как характера колебаний уровня на позднеголоценовом отрезке послеледниковой трансгрессии, когда уровень мог неоднократно превышать современный на 1–3 м, а также результат того, что большинство речных долин унаследованно закладывалось по депрессионным структурным зонам в течение всего плейстоцена.

Морфогенетические модификации речных дельт внутри группы выполнения заливов чрезвычайно разнообразны и зависят от сочетания природных факторов, влияющих на дельтообразование (речной сток, волновая активность, высота приливов, морфологические особенности шельфа и новейшая тектоника). В группу дельт выполнения входят *приливные дельты эстуариев* – малорукавные с первичной надводной дельтой ограниченной протяженности (не более 20–30 км) в виде узких островов, вытянутых вдоль русла, динамичным грядовым рельефом в пределах устьевого взморья (Мезень, Гижига, Пенжина, Жиронда, Луара, Сена, Гудзон, Делавер и др.) и ярко выраженной приливной циркуляцией водных масс. К дельтам выполнения относятся также и огромные *многорукавные крупноостровные и лопастные дельты* частичного или полного выполнения долинных заливов. Длина аллювиально-дельтовых образований от вершины дельты до морского края надводной дельты составляет от 100 до 300 км (Обь, Енисей, Хатанга, Анабар, Колыма, Амур, Конго, Амазонка, Маккензи и др.).

Особую разновидность дельт выполнения образуют реки, чьи отложения заполняют устьевые лагуны, возникшие в результате отчленения морскими барьерными террасами обширных и относительно мелководных акваторий. Механизм отчленения устьевых лагун по большей части связан с процессами морского барообразования (Яна, Индигирка, Дунай, Кубань, Нил, Рона, По и др.).

Другой тип заполнения представляют приустьевые акватории, отчлененные морской косой на участках с ярко выраженным вдольбереговым перемещением наносов (Печора, Зап. Двина, Камчатка, Висла, Сенегал, Магдалена, Муррей и др.). Этот тип дельт полностью соответствует понятию “дельты заполнения”, введенному Г. Кредне-ром, когда рост дельты лимитируется наличием блокирующей косы или пересыпи [9]. К этим модификациям дельт относятся также дельты выполнения долинных заливов, находящиеся в *стадии лиманного развития*, где речные дельты формируются в вершинах заливов, отгороженных от акватории открытого моря пересыпями или косами (Днепр, Днестр и др.). Развитие такой дельты зависит исключительно от изменчивости речного стока, фито- и биогенных процессов.

Среди дельт выполнения устьевых лагун можно выделить следующие модификации: 1) многорукавные крупноостровные, ветвящиеся дельты частичного заполнения, отчлененные сплошной или прерывистой полосой морских береговых баров (Амгума, Коппер); 2) малорукавные с веером крупных рукавов, врезанных в стародельтовую равнину; 3) полного заполнения, в фазе выдвижения устьевых баров или субдельт на открытом взморье (Яна, Индигирка, Дунай, Кубань, По, Рона); 4) с одним рукавом, полного или частичного заполнения с заблокированным устьем на открытом морском побережье (Камчатка, Сенегал, Веби-Шебели).

Перечисленные модификации дельт выполнения представляют собой высоко эффективные ловушки для наносов, которые хорошо сохраняются внутри палео-долин и рассматриваются как фациальные модели прибрежной седиментации в эстуариях и долинных заливах (рис. 2, А–Б) [10].

Вторая группа речных дельт, связанная с формированием аллювиального устьевого конуса выноса на открытом морском или океаническом побережье, относится к так называемым **дельтам выдвижения** (*protruding deltas*), или *дельтовым системам*. Эта немногочисленная группа дельт обязана своим происхождением особенностям структурно-геологического строения прибрежной равнины, когда реки при выходе к

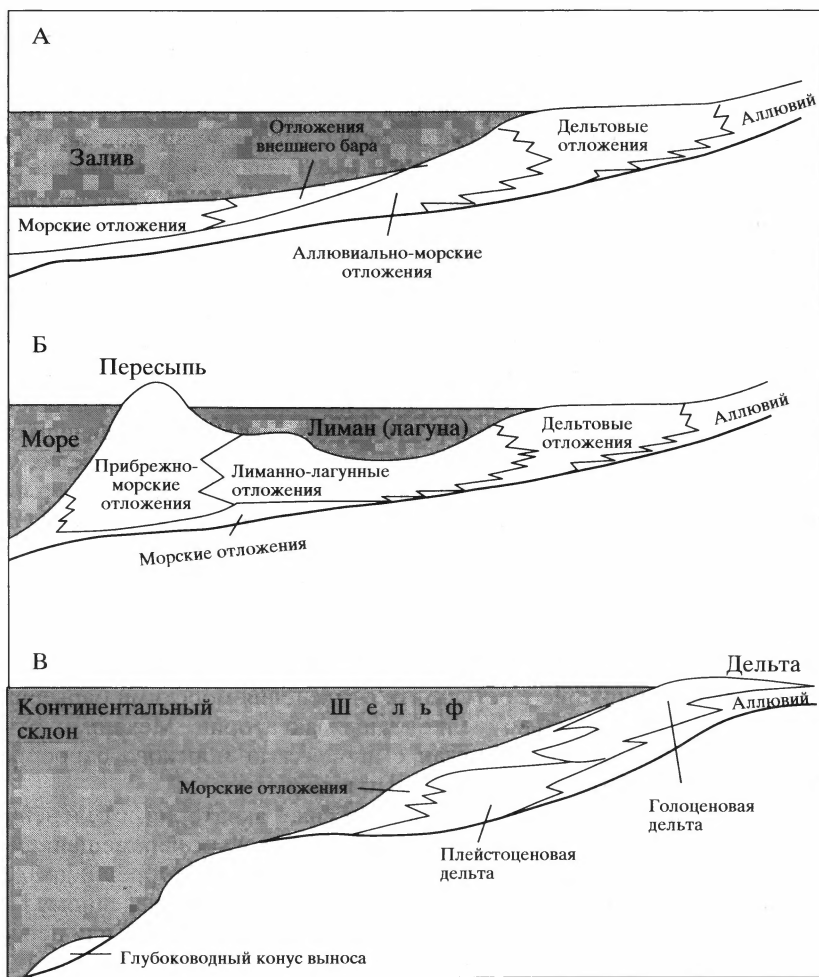


Рис. 2. Фациальные модели эстуарно-дельтовых систем

Заполнения: А – долинного залива и эстуария, Б – лимана и лагуны, В – выдвигания на открытом взморье

морю пересекали горные сооружения. Их суженные участки (долины прорыва) переходили непосредственно в приустьевые расширения русла на открытом побережье, а сами дельты начинали свой эволюционный путь развития как выдвигающиеся дельты (Лена, Оленек, Селенга, Терек, Эбро, Колумбия, Тибр, Сан-Франсиску и др.).

Морфологическое строение морского края и размеры дельт выдвигания служат надежным индикатором реального соотношения речных и морских факторов в устьевой области реки. Об этом свидетельствует многообразие морфогенетических типов выдвинутых дельт: от устьевого аллювиального выступа на открытом и приглубом берегу (Бзыбь, Мзымта) до многорукавной дугообразной или крупнопалочной пальцевидной дельты, окаймленной морскими барами (Лена, Селенга, Миссисипи, Ориноко, Нигер).

Аллювиально-дельтовые равнины, сформированные в период от 7–5 до 2.5–1.5 тыс. л. н. в устьях крупных рек на океанических побережьях и на берегах окраинных морей, как правило, перекрывают позднеплейстоценовые дельтовые тела с абсолютным возрастом отложений более 10 тыс. л. Субаэральная часть таких дельт обычно представлена несколькими региональными *субдельтами*, связанными с пространственными перемещениями зон активного дельтообразования (рис. 2, В).

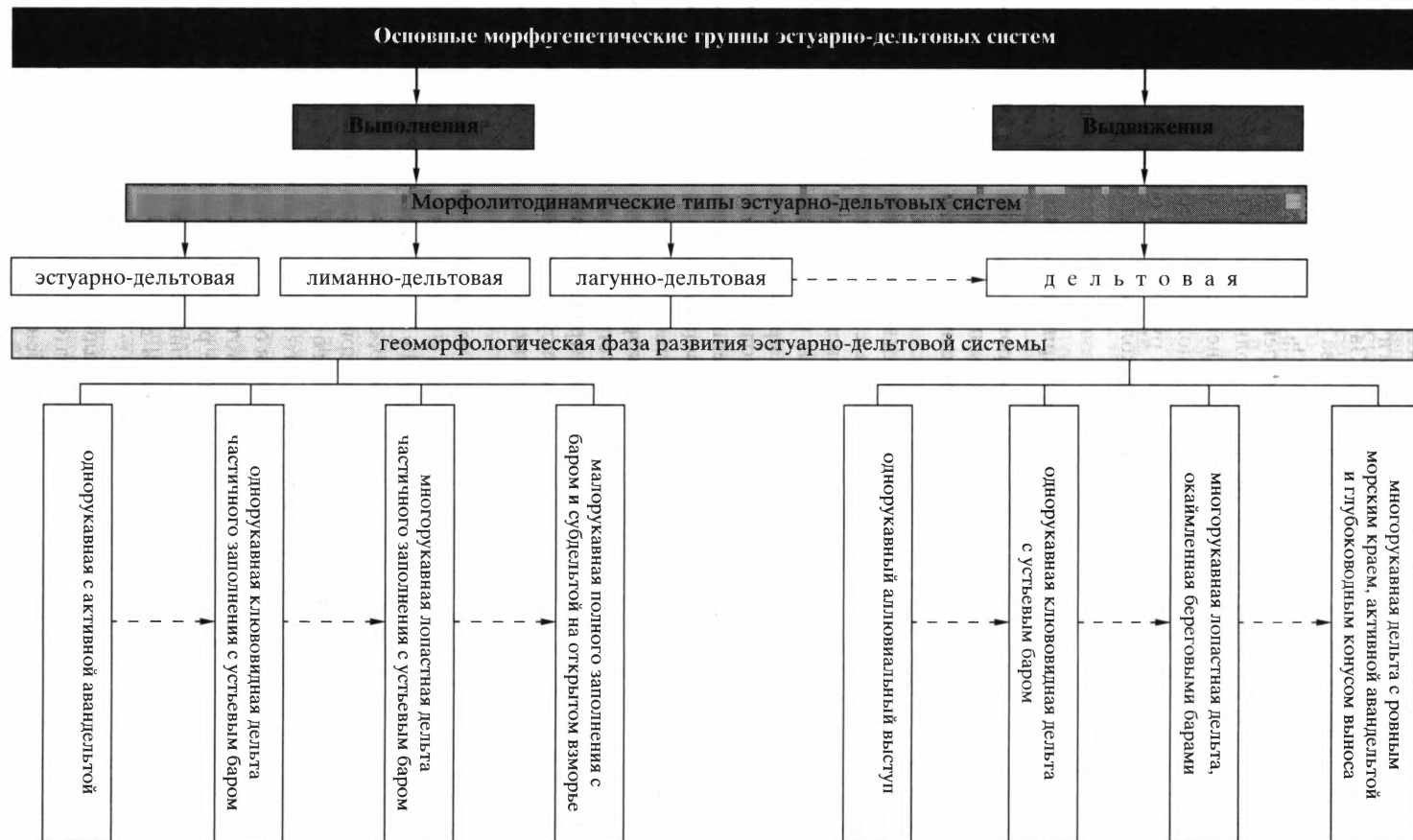


Рис. 3. Блок-схема типизации и эволюции эстуарно-дельтовых систем

Дальнейшее развитие эстуарно-дельтовых систем определялось морфологическими условиями сопряжения реки и моря, геолого-геоморфологическим строением шельфа, ландшафтно-климатическими особенностями, гидрологическим режимом реки и гидродинамическими характеристиками устьевое взморья. За последние 5–4 тыс. л. произошли существенные изменения в строении большинства устьевых областей. Одни реки успели создать разветвленную гидрографическую сеть, заполнить долинные заливы и выдвинуться в открытое море на 100–150 км; другие реки только начинают формировать наземные дельты и русловую сеть. Во время эволюционного развития эстуарно-дельтовых систем происходило закономерное усложнение геоморфологического облика дельт от простого аллювиального выступа до полигенетической аллювиально-дельтовой равнины, расчлененной многочисленными рукавами, и осуществлялась потенциальная возможность преобразования дельт выполнения в одну из модификаций дельт выдвигания на открытом взморье (рис. 3).

Природные факторы формирования эстуарно-дельтовых систем

Геологический и геоморфологический контроль процесса формирования основных морфогенетических типов эстуарно-дельтовых систем проявляется в изрезанности береговой линии, топографии подводного склона и местных особенностях относительного колебания уровня приемного водоема.

Как правило, крупные речные долины во все геологические эпохи были приурочены к прогибающимся участкам земной коры, которые заливались морем в периоды преобладания на платформах морских условий. Трансгрессивное наступление моря, прежде всего, осуществлялось по речным долинам. В регрессивные фазы реки прокладывали путь на месте бывших морских заливов, продвигаясь вслед за береговой линией. Анализ материалов по многим рекам мира подтверждает тезис Б.Л. Личкова [11] о взаимообусловленности положения и сопряженности развития аллювиальных равнин и морских заливов. Очевидно, и для эстуарно-дельтовых систем, являющихся конечным звеном в речной системе, должны сохраняться эти общие закономерности, т.е. полное соответствие речной сети складчатым и разрывным тектоническим структурам, которые определяют многие закономерности ее строения и развития. Крупные реки и их эстуарно-дельтовые системы, как правило, отражают направление основных структурных линий: глубинных разломов, крупных флексур и тектонически ослабленных обширных зон в пределах однородных по характеру развития и более устойчивых во времени геологических структур.

В.В. Докучаев и Г. Креднер первыми установили зависимость существования или отсутствия дельт на морском побережье от характера и знака вертикальных движений [10, 12]. Идеи Креднера и сейчас находят поддержку у многих исследователей, которые наличие речной дельты связывают, прежде всего, с положительными тектоническими движениями. В.В. Докучаев, разрабатывая принципиальные основы теории развития продольного профиля и процессов устьевое удлинения, впервые высказал более рациональную и плодотворную мысль о том, что вертикальные движения могут только усложнить устьевые процессы, но не являются обязательным условием для образования дельты. В упрощенном виде его идеи воплотились в работах В.Г. Рихтера, который образование дельт, их форму и дальнейшее развитие связывал с соотношением между интенсивностью и направленностью новейших тектонических движений и количеством выносимого рекой материала, выделяя два основных типа дельт – на поднимающихся и на опускающихся побережьях [13].

Большинство крупных рек впадало в долинные заливы (эстуарии, риасы), форма, размеры и глубины в которых зависели от рельефа затопленной суши, обусловленного в свою очередь структурно-тектоническими особенностями шельфа. Закономерным итогом этих событий явилось формирование на побережьях эстуарно-дельтовых систем по типу долинного залива или устьевой лагуны и различных модификаций дельт выполнения. Напротив, появление на современных побережьях дельтовых си-

стем выдвигания свидетельствовало об аномальных причинах развития эстуарно-дельтовых систем, к которым можно отнести либо очень большой сток наносов (более 100 млн т/год), либо преобладание в низовьях рек восходящих тектонических движений, нивелирующих эффект эвстатического поднятия уровня и создающих условия для впадения рек на открытом морском побережье (Эбро, Юкон, Колумбия, Лена и др.).

Если в пределах однотипного по морфологическому строению шельфа (напр., арктического) крупные реки, имеющие примерно одинаковый сток воды и наносов (Лена и Енисей, Оленек и Яна, Колыма и Индигирка), формируют эстуарно-дельтовые системы различного типа, то это, прежде всего, свидетельствует о неодинаковой направленности неотектонических движений и различиях в структурно-тектоническом строении территории. Т.е. речь идет о *геологическом контроле* основных морфогенетических типов эстуарно-дельтовых систем. Так, в устьях рек, расположенных в зонах устойчивого и длительного прогибания (напр., северная часть Западно-Сибирской низменности, Нижнеамурская депрессия, Днепровско-Донецкий прогиб), с небольшими уклонами водной поверхности в низовьях (0.015–0.055‰), образовались далеко вдающиеся в сушу заливы, имевшие длину в максимум последниковой трансгрессии от 200 до 1000 км (Колымская, Енисейская, Обская и Печорская губы). В современном рельефе таким участкам побережья соответствуют хорошо разработанные террасированные долины рек, ингрессионные заливы и продолжающие их подводные долины до морских глубин 100–200 м, заканчивающиеся на океанических побережьях глубоководными конусами выноса (Амазонский, Конго, Св. Лаврентия).

Совершенно иной облик имели устья рек, располагавшиеся в областях развития молодых складчатых сооружений, где побережье испытывало дифференцированные тектонические движения, а в низовьях рек уклоны водной поверхности составляли 0.15–0.9‰. Морские трансгрессии здесь в позднем плейстоцене имели ограниченное распространение: длина долинных заливов не превышала 100 км, а в некоторых случаях суженные участки долин прорыва через приморские хребты переходили непосредственно в устьевое расширение русла на открытом побережье (Лена, Оленек, Эбро, Колумбия).

Этим двум основным тектонически обусловленным типам сопряжения реки и моря соответствовали и вполне определенные морфогенетические типы речных дельт: в первом – дельты выполнения заливов (эстуариев, риас, лиманов), а во втором – дельты выдвигания на открытом взморье или дельты выполнения устьевых лагун. Сложная ритмика колебаний общей увлажненности материков и уровня Мирового океана в недавнем прошлом, перемещения блоков земной коры в зависимости от изостатической нагрузки (гляцио-, гидро-, седименто- и техногенная изостазия), многолетние колебания водности рек и неравномерность стока наносов, – все это чрезвычайно затрудняет выделение собственно тектонического фактора из общего суммарного эффекта различных природных факторов, оказывающих влияние на формирование эстуарно-дельтовых систем. Поэтому показателем влияния геологических структур на морфологическое строение эстуарно-дельтовых систем могут быть только самые общие закономерности, отражающие наиболее крупные этапы их эволюции.

Тектоническая нестабильность района аккумуляции речных наносов на морском побережье является важным рельефообразующим фактором. Однако в большинстве случаев не всегда возможно выявить прямую связь морфологического строения дельты и процессов дельтоформирования с интенсивностью и направленностью древних, новейших или современных тектонических движений. Конечный результат от интегрирующего взаимодействия природной геосистемы “река–море–тектоника” зависит от соотношения размеров эстуарно-дельтовой системы, масштабов тектонической структуры и геологической истории развития, в пределах которой функционирует данная система. В пределах мегапрогибов, имеющих унаследованную тенденцию к опусканию, могут возникать локальные зоны новейших и современных поднятий, напр., типа соляной тектоники или гляциоизостазии, или разрывные нарушения – разломы, сбросы, трещины. Все это, несомненно, находит непосредственное выражение в направленности и интенсивности процессов дельтообразования. Так вся плейстоце-

новая история Западно-Сибирской равнины – это история ее равномерного прогибания, выравнивания и погребения палеозойского и триасового рельефа под более поздними покровными осадочными толщами. Красной нитью через всю историю геологического развития Земли проходит идея унаследованности неогеновых и антропогенных речных систем тектоническим структурам: главные долины Западной Сибири приурочены к отрицательным тектоническим структурам (мегапрогибам, рифтовым зонам, глубинным разломам). Ярким примером влияния тектоники на характер процессов дельтоформирования является история развития голоценовой дельты р. Лены. Здесь грабенообразным понижениям на территории Приморской низменности соответствуют дельты выполнения долинных заливов вдоль Оленекской и Быковской протоков, а областям локальных поднятий – дельты выдвигания аллювиальных конусов выноса протоков Туматской, Трофимовской и Сардахской.

В целом, очевидно, следует согласиться с тезисом о том, что в развитии современной гидрографической сети большинства эстуарно-дельтовых систем новейшая тектоника значительной роли не играет вследствие несоизмеримости скорости русловых процессов и тектонических движений. Геологические условия в пределах эстуарно-дельтовых систем и в области континентального шельфа влияют на процессы дельтообразования в глобальном масштабе, определяя характер изрезанности береговой линии, уклоны подводного склона и местные особенности колебания уровня моря. Геометрия сопряжения устья реки и моря (залив, лиман, лагуна, открытое взморье), связанная с геологической историей развития региона, во многом определяет геоморфологический тип эстуарно-дельтовой системы и ее стратиграфию как геологического тела. От этого зависят и общие закономерности циклического развития эстуарно-дельтовых систем, формирующихся либо как открытые системы дельт выдвигания, либо как закрытые (или полузакрытые) системы дельт выполнения эстуариев, долинных заливов, лиманов и устьевых лагун.

Геологический контроль проявляется в трансгрессивном или регрессивном характере развития эстуарно-дельтовых систем в зависимости от колебаний фонового уровня приемного водоема. При с т а б и л ь н о м уровне на открытом побережье формируется выдвинутая дельтовая система. Размеры и форма дельтового конуса, геоморфология субаэральной части дельты и виды устьевого удлинения определяются характеристиками речного стока, уклонами подводного склона и активностью морских факторов (волнение, течения, приливы). Эстуарно-дельтовые, эстуарно-лиманные, эстуарно-лагунные системы и все модификации дельт выполнения являются естественным итогом развития устья реки в ходе т р а н с г р е с с и и моря. В этих условиях осуществляется коренная перестройка гидрографической сети, подтопление и разрушение морского края дельты и перемещение дельтового тела в сторону суши. Размеры долинных заливов определяются уклонами водной поверхности в низовьях рек. Р е г р е с с и в н ы й характер развития морских побережий связан с различными стадиями формирования дельт выдвигания.

Влияние колебательных движений фонового уровня моря на геоморфологический режим низовий равнинных рек довольно детально исследовал Н.И. Маккавеев [1], полемизируя с Дэвисом [14]. Один из постулатов теории Дэвиса о циклах речной эрозии декларирует прямую зависимость процессов аккумуляции и эрозии в речных руслах от относительного изменения базиса эрозии. Согласно этому, в руслах рек при поднятии базиса эрозии (трансгрессии) на значительном протяжении вверх по течению происходит аккумуляция и поднятие дна. При понижении базиса эрозии (регрессии) развивается глубинная эрозия также на значительном протяжении вверх по течению.

Н.И. Маккавеев, подтверждая в целом тесную функциональную связь между изменениями базиса эрозии и геоморфологическим режимом низовья реки, не признавал универсальность идей Дэвиса.

Многолетние наблюдения за динамикой продольного профиля Волги от Волгограда до морского края дельты и продольного профиля Терека на устьевом участке [15] показали, что процессы формирования низовий рек отличаются необычайной сложностью и во многом зависят от конкретных природных условий и местных факторов

руслоформирования. Неустойчивость уровня Каспийского моря в историческое время позволяет довольно объективно оценить влияние изменений базиса эрозии на эрозионно-аккумулятивные процессы Нижней Волги и дельты Терека.

В период длительного понижения уровня Каспийского моря (регрессии мангышлакская, дербентская и современная) наблюдалось устойчивое врезание Волги в русловые и прибрежно-морские отложения. Однако, вопреки схеме Дэвиса, глубинная эрозия не распространялась вверх по течению, а наоборот перемещалась вслед за понижавшимся уровнем Каспия. Во время каспийских трансгрессий (махачкалинская, новокаспийские стадии и современная), когда море проникало далеко вверх по речной долине, происходила коренная перестройка продольного профиля, особенно на приустьевом участке реки, размыв и смещение дельты вверх по течению. В результате подпорного влияния трансгрессирующего моря на придельтовом участке реки происходила аккумуляция речных наносов и поднятие дна, что соответствует схеме Дэвиса. В рассматриваемых случаях большое значение имеют уклоны дна в пределах авандельты: 1) при уклонах более 0.010–0.015 реакция продольного профиля реки на изменение базиса эрозии происходит синхронно колебательным ритмам фоновому уровню моря; 2) при уклонах дна менее 0.0020–0.0025 наблюдается длительное запаздывание реакции речного русла на изменение базиса эрозии.

Современная морфолитодинамика и прогноз развития эстуарно-дельтовых систем

Речные системы от верховьев до устья представляют собой, образно говоря, природные транспортеры наносов, большая часть которых после многократного переотложения и дифференциации по крупности, поступает к вершинам дельт или заливов. На *придельтовом* участке речной долины, как правило, преобладает транзит наносов. В динамически устойчивых руслах, сложенных подвижными аллювиальными отложениями, на фоне уменьшения уклонов и увеличения водоносности реки происходит лишь смена галечного аллювия на песчано-гравийный и песчаный. Для *дельтовых* районов большинства эстуарно-дельтовых систем наиболее характерна аккумуляция наносов и формирование дельтовой равнины в зоне сопряжения рек с приемным водоемом, т.е. там, где река утрачивает свою первоначальную функцию транзитного водотока и становится рассеивающей системой, в которой фактический расход наносов больше транспортирующей способности потока. На побережьях Мирового океана в устьях крупных рек в период послеледниковой трансгрессии появились огромные скопления терригенного материала (голоценовые дельты), общая площадь которых составляет около 5 млн км² [16–18].

В эстуарно-дельтовых системах, развивавшихся в течение голоцена по типу выполнения долинных заливов, процессы дельтообразования во многом зависели от речного стока воды и наносов. Так, в устьях рек арктического побережья России, впадающих в ингрессионные заливы типа губ (Печорская, Обская, Тазовская, Енисейская, Хатангская и Анабарская), где современный сток наносов в вершинах дельт колеблется от 0.7 до 5.0 млн. т при водном стоке от 30 до 600 км³, скорости заполнения долинных заливов были не велики: прирост морского края дельт составлял не более 0.02 км²/год, а скорость устьевого удлинения не превышала 10–30 м/год. Заполнение заливов шло неравномерно и поэтапно. Например, в устье Енисея, где мутность воды не превышала 20 г/м³, за последние 7 тыс. л. была сформирована многорукавная дельта выполнения залива общей площадью 7.4 тыс. км². В Обской губе примерно за последние 4–5 тыс. л. образовалась дельта площадью 7.8 тыс. км² (мутность воды в вершине дельты 40 г/м³), а в Хатангском и Анабарском заливах, где сток наносов колеблется от 0.4 до 1.4 млн. т, площадь дельтовых накоплений не превышает 0.4–0.6 тыс. км². Исключением из этого ряда является р. Колыма, имеющая значительную мутность воды (около 150 г/м³), которая к настоящему времени заполнила наносами свой долинный залив и формирует устьевой бар на открытом взморье.

В лагунно-дельтовых системах (Яна, Индигирка, Кубань) выполнение лагун речными отложениями, смыкание наземных дельт с морской барьерной террасой и выход устьевых баров на открытое взморье завершилось 1.5 тыс. л. н. Скорость заполнения зависела от величины стока наносов, который колебался от 3 до 12 млн. т, и от размеров отчлененной лагуны. При повышенной мутности воды (200–700 г/м³) в устьях магистральных дельтовых рукавов стали формироваться региональные субдельты (Индигирка, Кубань).

Размеры дельтовых геоморфологических систем (Нева, Оленек, Лена, Селенга, Волга, Терек), развивавшихся под сильным влиянием морских факторов с момента появления субазральных аллювиально-дельтовых образований, в значительной степени зависят от величины речного стока наносов и топографии устьевого взморья. На отmelном устьевом взморье при стоке наносов от 13 до 21 млн. т были сформированы дельты общей площадью от 12 до 20 тыс. км² (Волга, Лена). На приглубых берегах, где развиты вдольбереговые потоки наносов большой емкости, площади дельтовых накоплений не превышают 1–6 тыс. км². Самые минимальные накопления речных отложений зафиксированы в устье Невы, где площадь современной дельты составляет менее 100 км². Это результат уникальной голоценовой истории формирования невиской речной долины на месте пролива, соединявшего 4 тыс. л. н. Ладожское озеро и древнее Балтийское море. Небольшой сток наносов Невы (0.6 млн. т) при относительно высокой водоносности реки (около 78 км³) и своеобразный режим стонно-нагонных течений на акватории Невской губы обуславливают современный прирост дельты в среднем не более 0.04 км²/год.

Продолжающееся глобальное потепление климата и медленный подъем уровня Мирового океана приведут к замедлению процессов современного дельтообразования, увеличению дальности проникновения морских вод в устья рек, подтоплению приморской зоны на расстоянии 15–30 км и активизации процессов абразии. Учитывая ландшафтно-климатические и геокриологические особенности побережий российской Арктики, можно ожидать, что протаивание и деградация многолетнемерзлых пород и ледяных льдов на акватории авандельты и в приморской зоне аллювиально-дельтовых равнин стимулирует разрушение дельтовых берегов. Эстуарно-дельтовые системы на побережьях внутриконтинентальных водоемов, подверженных резким колебаниям уровня (Каспийское море), являются весьма уязвимыми при трансгрессивных режимах, когда происходит подтопление и засоление территории дельты, что отмечал в своих работах еще Н.И. Маккавеев [19]. Во время длительных периодов снижения уровня более значительный эффект приносит процесс перераспределения стока между дельтовыми рукавами, приводящий к отмиранию одних и активизации других водотоков.

Вновь и вновь возвращаясь к научному наследию Н.И. Маккавеева, поражаешься обилию плодотворных идей, наделяющих каждую публикацию. В одной только известной работе об особенностях формирования русла в низовьях крупных рек [1] очерчены контуры многих аспектов этой проблемы, разрабатываемых сегодня в ГОИНе, ГГИ и МГУ. В их числе гидравлика устьевых сопряжений и формирование устья реки, особенности режима эстуариев и формирование долин в низовьях рек с выдвигающимися дельтами и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маккавеев Н.И. Особенности формирования русла в низовьях равнинных рек // Пробл. физ. геогр. 1951. Вып.16. С. 49–78.
2. Маккавеев Н.И., Белинович И.В., Вышлов К.П. О влиянии снижения уровня Каспийского моря на судходные условия в низовьях Волги и Урала // Руслвые исслед. для улучшения судходных условий. М.: Речиздат, 1958. С. 24–28.
3. Кортаев В.Н., Богомолов А.Л. Дельты малых рек как природные модели процессов дельтообразования // Физико-геогр. исслед. оз. Иссык-Куль и его берегов. Фрунзе: Илим, 1988. С. 3–23.

4. *Кортаев В.Н., Султаналиев Э.Н.* История формирования и современная динамика устьев рек бассейна озера Иссык-Куль // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 2000. Вып. 12. С. 278–297.
5. *Михайлов В.Н., Рогов М.М., Чистяков А.А.* Речные дельты (Гидролого-морфологические процессы). Л.: Гидрометеониздат, 1986. 280 с.
6. *Кортаев В.Н.* Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.
7. *Кортаев В.Н., Михайлов В.Н.* Дельтообразование в устьях рек: типизация форм и процессов // Эрозионные и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 2000. Вып. 3. С. 223–237.
8. *Каплин П.А.* Новейшая история побережий Мирового океана. М.: Изд-во МГУ, 1973. 265 с.
9. Дельты – модели для изучения/М.А. Бруссар. М.: Недра, 1979. 323 с.
10. *Credner G.R.* Die Deltas, ihre Morphologie, geographische Verbreitung und Eutstenungs Bedingungen. Eine Studie auf dem Gediете der physischen Erdkunde // Gatha, J. Pethers, 1878. Petermanns geograph. Mittheilungen. Bd. 12. Ergh. 56. 74 p.
11. *Личков Б.Л.* О геологическом прошлом европейских рек // Пробл. физ. геогр. 1936. Вып 3. С. 53–75.
12. *Докучаев В.В.* Способы образования речных долин Европейской России. СПб.: 1878. 221 с.
13. *Рихтер В.Г.* Методы изучения современной тектоники морского дна. М.: Недра, 1965. 244 с.
14. *Davis W.M.* The geographical cycle // The Geograph. Journ. 1899. V. 14. № 5. P. 481–504.
15. Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика/Т.И. Рычагов, В.Н. Кортаев. М.: ГЕОС, 2002. 242 с.
16. *Лисицын А.П.* Лавинная седиментация в океане. Р-н/Д.: Изд-во РГУ, 1982. 184 с.
17. *Кортаев В.Н., Чистяков А.А.* Процессы седиментации в устьевых областях рек // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2002. № 5. С. 3–7.
18. *Milliman J.D., Meade R.H.* World-wide delivery of river sediment to the oceans // J. of Geology. 1983. V. 91. № 1. P. 1–21.
19. *Банасевич Н.Н., Зонн С.В., Казмина Т.И., Маккавеев Н.И.* Процессы засоления и рассоления почв в связи с грунтовыми водами, их засолением и влиянием Каспийского моря // Тр. ВНИИУА. 1934. Вып. 29. 128 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
09.04.2007

ESTUARY-DELTAIC SYSTEMS

V.N. KOROTAYEV

Summary

The geomorphologic concept of estuaries and deltas formation takes into account the leading role of coastal geologic structure, the sea level changes and the evolutionary character of river deltas development. Recent ocean level rise will lead to slower rates of deltas formation, increasing the distance of sea water penetration into river mouths, flooding of coastal zone at a distance of 15–30 km, and activation of abrasion.