

РЕЧНЫЕ ДЕЛЬТЫ: СТРОЕНИЕ, ОБРАЗОВАНИЕ, ЭВОЛЮЦИЯ

В. Н. МИХАЙЛОВ

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

RIVER DELTAS: STRUCTURE, FORMATION, EVOLUTION

V. N. MIKHAILOV

We describe basic features of river deltas, unique geographical objects located at the places where rivers flow into the oceans, seas and lakes. Principles of delta structure, formation and evolution are shown. River deltas rapidly change during their phased evolution. Moreover, they are subject to the strong influence of the large-scale variations both in river sediment yield and in the sea level. It is shown that river deltas are efficient indicators of natural and anthropogenic changes in the regime of rivers and seas.

Рассмотрены основные особенности речных дельт как уникальных географических объектов, расположенных в местах впадения рек в океаны, моря и озера. Отражены закономерности строения дельт, их образования и эволюции. Речные дельты быстро изменяются в процессе их стадийного развития. Кроме того, они подвержены сильному воздействию крупномасштабных колебаний стока наносов рек и уровня моря. Показано, что речные дельты являются эффективными индикаторами естественных и антропогенных изменений режима рек и морей.

www.issep.rssi.ru

ВВЕДЕНИЕ

Дельты, формирующиеся в местах впадения рек в океаны, моря и озера, занимают небольшую часть поверхности Земли. Площадь всех речных дельт мира чуть больше 3% площади суши, а на долю дельтовых берегов приходится всего 9% длины береговой линии океана [5]. Однако благодаря своему географическому положению и богатым природным ресурсам дельты рек играют особую роль среди других географических объектов и имеют важнейшее экологическое и экономическое значение.

Речные дельты – ключевые объекты на водных путях из морей в глубь континентов. Через дельты многих рек мира шло освоение человеком новых территорий. В некоторых дельтах находятся крупные портовые города, например: Роттердам, Санкт-Петербург, Архангельск, Астрахань, Ростов-на-Дону, Балтийск, Калининград, Нарьян-Мар, Измаил, Херсон, Потти, Новый Орлеан, Шанхай, Ханой, Дакка.

Дельты рек обладают богатейшими природными ресурсами: водными, земельными, биологическими. Большинство дельт имеют плодородные почвы, что способствует в условиях теплого климата и обилия воды бурному развитию растительности. Дельты – районы нереста многих видов рыб, через дельты идут пути миграции проходных и полупроходных рыб, во многих дельтах зимуют перелетные птицы. Дельты – это царство воды, буйной растительности и богатейшего по разнообразию животного мира. Недаром в обиход вошли слова “дельтовый ландшафт”, характеризующие специфический природный облик этого объекта. Экологическое значение дельт выходит далеко за их пределы и распространяется на обширные сопредельные районы суши и акватории морей. Дельты – одни из самых биопродуктивных районов суши. Отложения современных и древних дельт – места скопления нефти и газа.

Благодаря своим природным ресурсам дельты рек давно используются человеком. Дельты великих китайских рек Хуанхэ и Янцзы, а также Нила, Инда, Ганга,

Амударьи стали одними из древнейших очагов орошаемого земледелия на планете и человеческой цивилизации в целом. Дельты многих рек и в наши дни широко используются разными отраслями хозяйства: водным (морским и речным) транспортом, сельским, рыбным и коммунальным хозяйством. В дельтах выращивают пшеницу, маис, рис, овощи, технические культуры, заготавливают тростник для целлюлозной промышленности, добывают нефть и газ, дельты используют и в целях рекреации и туризма; во многих дельтах, например Волги, Дуная, Роны, имеются заповедники. Дельты — одни из самых населенных районов земного шара. Близкая к максимальной плотность населения характерна для дельт Рейна и Мааса, Ганга и Брахмапутры, Нила.

Вместе с тем речные дельты с трудом поддаются хозяйственному использованию. Причины состоят, во-первых, в сложном водном режиме дельт, зависящем от режима реки и моря (требуется, например, в одни сезоны защищать дельтовые земли от наводнений, в другие — их орошать), во-вторых, в сильной изменчивости самой дельты и ее гидрографической сети, в-третьих, в большой экологической уязвимости этих низменных и переходных от реки к морю природных объектов.

Российская наука обладает определенным приоритетом в исследовании речных дельт. В нашей стране хорошо изучены режим и изменчивость дельт Волги, Терека, Сулака, Кубани, Дона, Невы, Северной Двины, Печоры, Оби, Енисея, Лены, Яны. Отечественные специалисты принимали участие в изучении дельт Дуная, Днепра, Амударьи, Риони, находящихся сейчас за пределами России. Сведения о дельтах рек в пределах бывшего СССР приведены в [3, 4], а также в монографии, посвященной дельте Волги [1]. Данные о дельтах зарубежных рек содержатся в работах [2, 5]. Аэроснимки и снимки со спутников некоторых дельт показаны на рис. 1.

ЧТО ТАКОЕ ДЕЛЬТА С НАУЧНОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Впервые термин “дельта” был применен к устью Нила древнегреческим историком, географом и путешественником Геродотом приблизительно в 450 году до н.э. Дельтой он назвал “аллювиальную сушу более или менее треугольной формы, заключенную между расходящимися рукавами Нила и морем, напоминающую греческую букву Δ” [2, 5]. Впоследствии понятие “дельта” было распространено и на другие сходные по строению устья рек. В то же время выявились противоречия в понимании термина “дельта” представителями разных научных дисциплин. Геологи под дельтой чаще всего понимают толщу современных и древних отложений в устье реки. Согласно геоморфологическому подходу, дельта — это аллювиальная равнина в устье реки (нали-

чие рукавов при этом — условие необязательное). При гидрографической трактовке дельтой считается много-рукавный участок реки в ее устье. Гидрографо-геоморфологический подход объединяет два предыдущих и рассматривает дельту как низменность в устье реки, сложную речными наносами и расчлененную сетью рукавов и протоков (близкий смысл в термин “дельта” вкладывал и Геродот).

Переходя к современному научному определению дельты, необходимо отметить следующее.

1. Дельта — это природный комплекс, характеризующийся существенными особенностями рельефа и гидрологического режима, а также ландшафта и экологических условий. Поэтому определение дельты не может быть дано с позиций какой-либо одной научной дисциплины.

2. Современная дельта — это верхняя, в основном надводная часть аккумулятивного конуса выноса в устье реки. Поэтому в состав дельты нельзя включать ни сопредельную мелководную часть прибрежной зоны моря — устьевое взморье, ни всю толщу аллювиальных отложений, нередко имеющих большой возраст и огромную мощность (в последнем случае речь должна идти о древнедельтовых отложениях).

3. Дельта — это лишь часть устьевой области реки как специфического географического объекта, в который помимо дельты входит уже упомянутое устьевое взморье и может входить подверженный влиянию морских приливов и нагонов придельтовый участок реки. Поэтому дельта не может служить типом (или формой) устьевой области реки в целом, как иногда считают. Правильнее говорить об устьевой области дельтового типа (в отличие от бездельтовой, или эстуарной).

С позиций комплексного физико-географического подхода дельта — это сформировавшаяся в результате современных процессов дельтообразования часть устьевой области реки, включающая верхнюю, подверженную руслоформирующей деятельности речного потока, толщу устьевого конуса выноса реки и надводную аллювиальную сушу, обычно имеющую сложную и изменчивую гидрографическую сеть и специфический ландшафт.

Типы дельт. Выделяют два основных типа дельт по месту их формирования: дельты выполнения морских заливов, эстуариев, лагун, лиманов (тип I) и дельты выдвигания на открытом морском побережье (тип II). Дельты типа I формируются в условиях бокового ограничения берегами залива, мелководности и в целом ослабленного воздействия морских факторов, например волнения. Дельты второго типа формируются при отсутствии бокового ограничения, больших глубин и более сильного воздействия морских факторов.

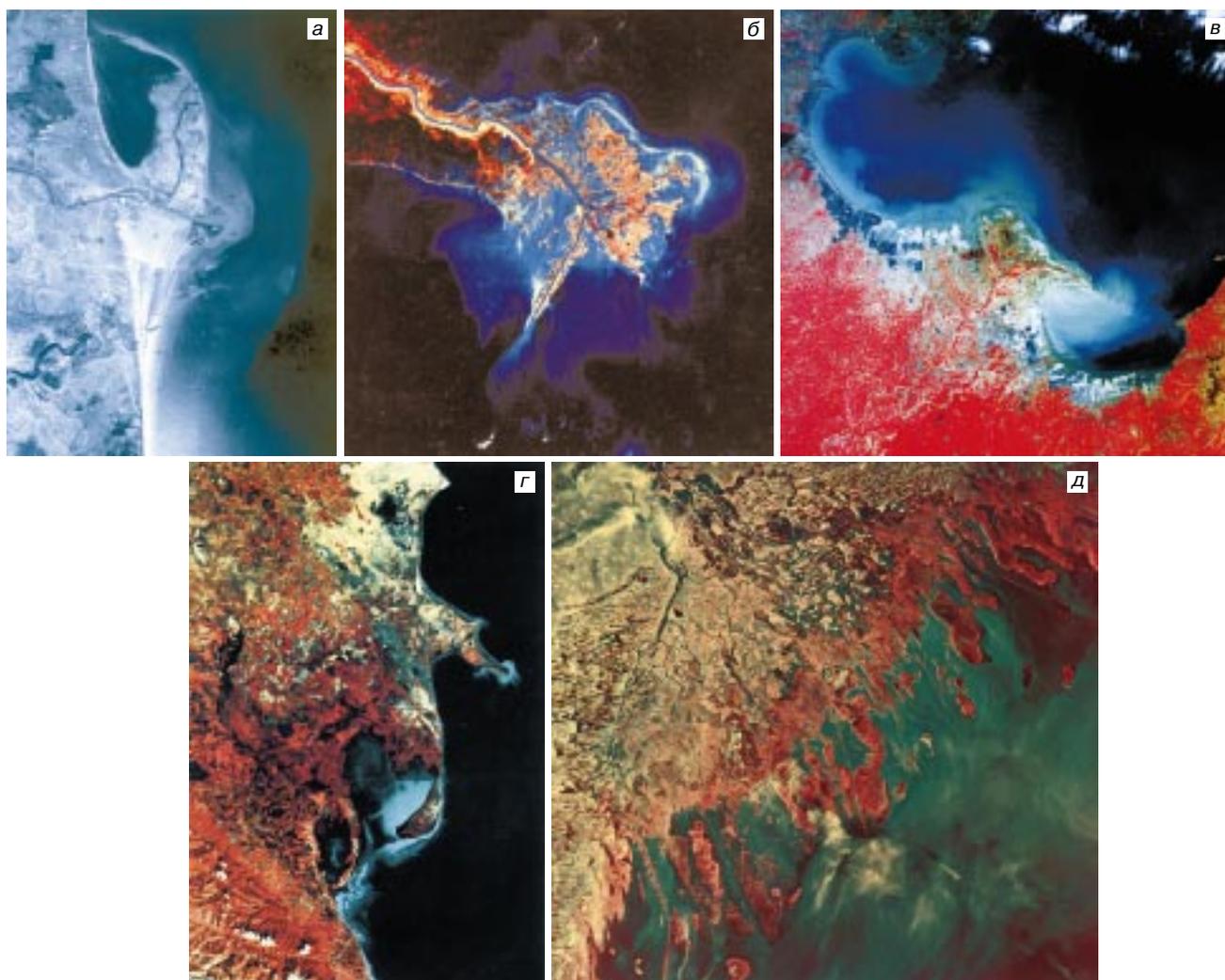


Рис. 1. Аэрофотоснимки и снимки из космоса со спутников дельт: а – Сулак (1978 год, аэрофотоснимок из атласа “Космические методы геоэкологии”. М., 1998); б – Миссисипи (снимок со спутника “Landsat” из: The Coastal Prediction Systems // Synopsis. 1990. June); в – Хуанхэ; г – Куры (снимок со спутника “Метеор-30” 22.10.1980 года); д – Волги (снимок со спутника “Космос” 31.05.1982 года); на всех снимках видны следы последовательного выдвигания дельт в море и шлейфы мутных речных вод в прибрежной зоне

К дельтам типа I относятся дельты Печоры, Оби, Енисея, Днепра, Днестра, находящиеся в вершинах морских заливов (губ, лагун, лиманов). К дельтам типа II относятся дельты Волги, Лены, Дуная, Риони, Роны, Миссисипи.

Кроме того, дельты можно разделить на морские и озерные, приливные и неприливные. Приливные дельты формируются в морях, где величина прилива более 0,3 м. Дельты выдвигания подразделяют на клювовидные (Тибр, Сулак), дугообразные (Лена, Волга), лопастные (Миссисипи, Дунай). Иногда дельты делят на

мало- и многорукавные. Однако четкое разделение дельт на эти два типа отсутствует.

Строение дельты. Гидрографическая сеть любой дельты (рис. 2) – это совокупность водотоков и водоемов разного размера и генезиса. К числу естественных водотоков дельты относят рукава (основные транзитные артерии, связывающие реку с приемным водоемом), протоки (второстепенные водные артерии, соединяющие между собой разные рукава, рукава и внутридельтовые водоемы, сами водоемы), гирла (проливы между приморскими дельтовыми водоемами и морем).

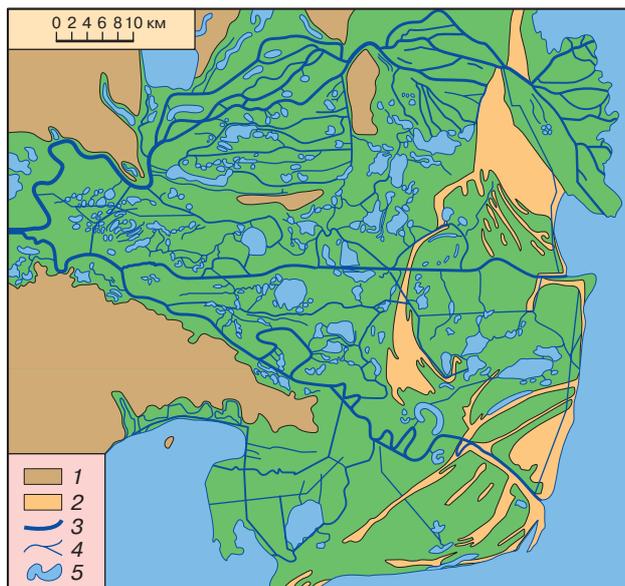


Рис. 2. Типичная схема гидрографической сети крупной дельты (на примере устья Дуная): 1 – окружающие дельту формы коренного рельефа, 2 – морские песчаные косы, либо некогда блокировавшие лагуну, либо сформировавшиеся под воздействием волнения на периферии дельты, 3 – рукава, 4 – протоки, 5 – дельтовые и придельтовые озера (рисунок из голландско-румынской монографии “Ecological Gradients in the Danube Delta Lakes”. RIZA Rapport 2000. 167 p.)

К искусственным водотокам дельты относятся каналы разного назначения (судоходные, оросительные, дренажные) и прорезы. К числу водоемов дельты относят внутрительтовые и придельтовые озера, лагуны (отделенные от моря пересыпью приморские водоемы), старицы, заболоченные плавни.

Толща современных дельтовых отложений обычно четко разделяется на слои глины или ила и слои песка. Первые сложены мелкими взвешенными речными наносами и характерны для междуречных пространств, плавней и озерных отложений. Вторые сложены более крупными, обычно влекомыми речными наносами и характерны для участков дельты, прилегающих к рукавам. Песчаные наносы образуют прирусловые валы, современные и старые устьевые бары (отмели в устьях рукавов), отложения берегов и дна современных и отмерших рукавов.

На устьевом взморье отлагаются в основном мелкие речные наносы. Когда сюда выдвигаются устьевые бары, верхняя часть которых сложена песком, то возникает совершенно нетипичная для рек инверсия отложений по крупности: песчаные тела как бы висят среди слоев ила и глины.

ПОЧЕМУ И КАК ОБРАЗУЮТСЯ РЕЧНЫЕ ДЕЛЬТЫ

Физическая причина образования дельты в устье реки – это отложение речных наносов, в свою очередь вызванное уменьшением скоростей течения потока при его втекании в приемный водоем (море, озеро).

Почему же одни реки, впадая в моря или озера, образуют дельты, а другие нет? Ведь на земном шаре не так мало устьев рек, где нет дельт. Это, например, устья Южного Буга, Святого Лаврентия, Пенжины, Делавэра, большинство фьордов, устья многих малых рек. Очевидно, что все дело в соотношении факторов, благоприятствующих и препятствующих возникновению и развитию дельты.

Главный созидательный фактор – это величина стока наносов реки. Чем она больше, тем больше при прочих равных условиях и объем аллювиального конуса выноса реки и площадь дельты. Благоприятствуют образованию дельты также мелководность залива или прибрежной зоны моря, где формируется дельта, вертикальные движения земной коры с положительным знаком (тектоническое поднятие), понижение уровня приемного водоема.

Главный фактор, препятствующий образованию и развитию дельты, – это разрушающее воздействие морского волнения. Образованию дельты препятствуют также большие глубины залива или прибрежной зоны моря, сильные приливные течения, тектоническое опускание или просадка грунта, повышение уровня приемного водоема.

Дельта растет, если в устье реки складывается положительный баланс наносов. Запишем уравнение баланса наносов за интервал времени Δt в таком виде

$$\pm \Delta W_{\text{кв}} = W_{\text{р}} - W_{\text{в}} - W_{\text{гл}}, \quad (1)$$

где $\Delta W_{\text{кв}}$ – изменение объема аллювиального конуса выноса в устье реки, $W_{\text{р}}$ – объем стока наносов реки, $W_{\text{в}}$ – количество наносов, уносимых морским волнением, $W_{\text{гл}}$ – объем речных наносов (обычно мелких), уходящих за пределы конуса выноса на большие морские глубины. В устьях рек с крупными дельтами (Дунай, Амударья, Миссисипи, Хуанхэ) на формирование конуса выноса реки идет 70–90% речных наносов. Чем больше объем конуса выноса $W_{\text{кв}}$, тем больше и площадь дельты $F_{\text{д}}$. Для некоторых дельт выдвигения на открытом морском побережье между $W_{\text{кв}}$ (в км³) и $F_{\text{д}}$ (в км²) в [5] получена такая эмпирическая зависимость

$$F = 65,2 W_{\text{кв}}^{0,76}. \quad (2)$$

При большом стоке наносов реки $\Delta W_{\text{кв}} > 0$ дельта выдвигается в залив или море, а ее площадь увеличивается. При малом стоке наносов может сложиться

соотношение $\Delta W_{\text{кв}} < 0$, в этом случае дельта размывается, деградирует и ее площадь уменьшается.

Во время постледникового повышения уровня Мирового океана (18–6 тыс. лет назад) многие устья рек оказались затопленными и превратились в морские заливы (губы, лиманы, лагуны, эстуарии). После относительной стабилизации уровня океана (5–6 тыс. лет назад) в вершине морских заливов отложение речных наносов привело к возникновению небольших дельт. Дельты в условиях ограниченного размера залива и его мелководности, а также при слабом воздействии морских факторов быстро выдвигались в залив (рис. 3, *I*). Эта стадия в развитии дельты получила название стадии формирования дельты выполнения (*I*). Постепенно заполнив залив речными наносами, река вышла на открытое морское побережье за береговую линию и начала формировать дельту уже в море (рис. 3, *II*), в условиях больших глубин и более сильного воздействия морских факторов (волнения, течений). Эта стадия называется стадией формирования дельты выдвигания (*II*).

Скорость перехода от *I* ко *II* стадии зависела от соотношения стока наносов реки, с одной стороны, ширины и глубины залива и противодействия морских

факторов – с другой. С переходом от *I* ко *II* стадии развития дельты изменялся и ее тип.

Многие дельты мира уже завершили *I* стадию и перешли ко *II* стадии развития и соответственно изменили свой тип с *I* (выполнения заливов) на *II* (дельты выдвигания на открытом морском побережье). Некоторые дельты (в основном рек с небольшим или умеренным стоком наносов) еще остаются в *I* стадии и соответственно относятся к *I* типу – выполнения заливов.

Формирование дельты выполнения и особенно дельты выдвигания может идти двумя путями: медленным, эволюционным и быстрым, скачкообразным с прорывами русла. Первый тип развития свойствен дельтам рек с небольшой или средней величиной нагрузки потоком наносами (мутность воды менее 1 кг/м^3). Примером может служить развитие дельты Килийского рукава в устье Дуная (рис. 4). Второй тип характерен для дельт рек с большой мутностью (более 1 кг/м^3).

Прорывы русла бывают, в свою очередь, двух видов: в сторону моря и во внутренние пониженные части дельты. В первом случае после прорывов формируются новые частные дельты в море на периферии старой дельты (такие дельты называют причлененными), а старая дельта отмирает или разрушается морским

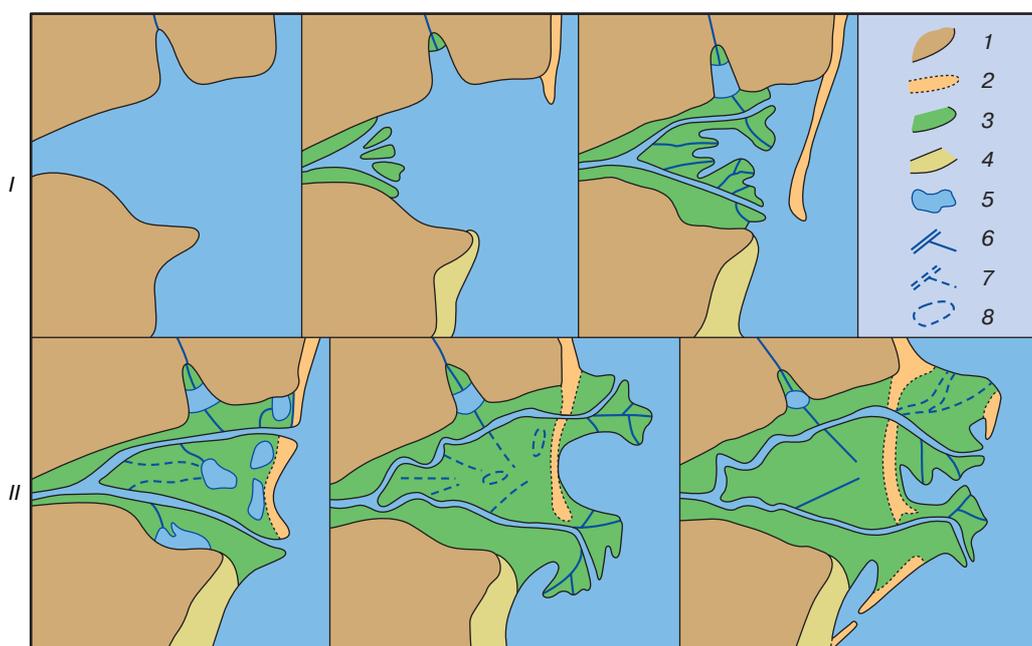


Рис. 3. Схема последовательного формирования дельт выполнения морского залива (*I*) и выдвигания на открытом морском побережье (*II*): 1 – прилегающая к дельте суша (исходный коренной рельеф), 2 – морские песчаные пересыпи, косы, пляжи, 3 – низменные дельтовые острова, 4 – приморская аккумулятивная равнина, 5 – водоемы дельты, 6 – действующие рукава и протоки, 7 – отмершие рукава и протоки, 8 – осохшие котловины дельтовых водоемов

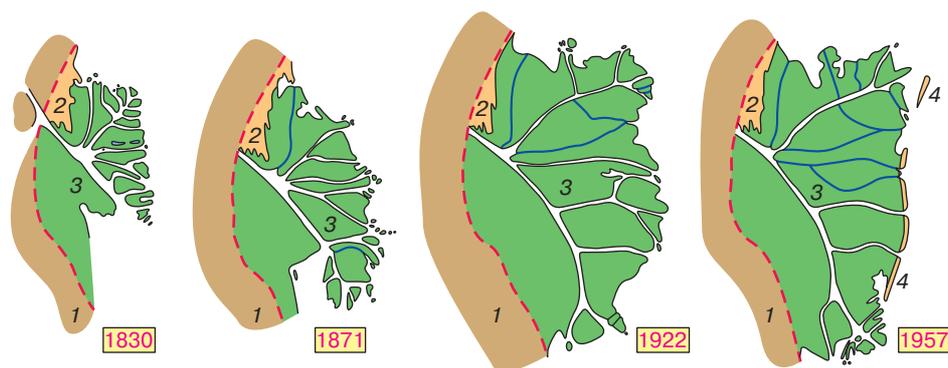


Рис. 4. Схема развития дельты Килийского рукава в устье Дуная: 1 – береговая линия Черного моря до начала формирования рассматриваемой дельты (середина XVIII века), 2 – морская коса, сложенная песком и битой ракушкой, 3 – низкие, заросшие тростником острова дельты, 4 – песчаный морской берег дельты

волнением. В качестве примера такого развития можно привести дельты Миссисипи (рис. 1, б) и Сулака (рис. 1, а; 5). После серии прорывов формируется целый пояс таких причлененных дельт. Во втором случае после прорыва внутрь дельты возникают разливы, нередко катастрофические. Постепенно на месте разливов внутри старой дельты формируется новая частная дельта, называемая наложенной. Эта новая частная дельта может перехватить большую часть стока реки. Затем наложенная дельта достигает морского берега и начинает выдвигаться в море, формируется наложенно-причлененная дельта. По такой схеме шло формирование дельт Хуанхэ, Терека, Амударьи, Или. Эти дельты представляют собой серию более древних и уже отмерших и более молодых наложенно-причлененных дельт. Именно у этих дельт зафиксирована максимальная скорость выдвигания в море: в дельте Амударьи 4 км/год, в дельте Хуанхэ до 10 км/год.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА НАНОСОВ РЕК НА РАЗВИТИЕ ДЕЛЬТ

Поскольку сток наносов реки – главный фактор формирования дельт, то его естественные и антропогенные изменения (как увеличение, так и уменьшение) быстро отражаются на интенсивности смены стадий дельтообразования, ускорении или замедлении выдвигания дельты в море. При значительном уменьшении стока наносов может начаться размыв дельты морским волнением, что непосредственно вытекает из формулы (1).

Большинство дельт мира в прошлом всегда чутко реагировали на колебания стока рек из-за изменения климатических условий. В холодные и влажные периоды происходило ускоренное выдвигание дельт в море, а в теплые и сухие периоды выдвигание дельт замедлялось или даже сменялось частичным размывом. Ус-

тановлено, что в так называемый малый ледниковый период (XV–XIX века) увеличилась повторяемость дождевых паводков, возрос сток наносов рек и ускорилось выдвигание в море дельт многих рек Европы (Тибра, По, Эбро), а также дельт некоторых рек Китая. Тесная связь интенсивности выдвигания в море дельт Дуная, Куры, Урала, Амударьи с величиной стока наносов этих рек установлена и для более коротких периодов времени [4, 5].

В XVIII–XIX веках усилению эрозии в речных бассейнах, увеличению стока наносов рек и ускорению выдвигания многих дельт способствовал антропогенный фактор – вырубка лесов и распашка склонов. В XX веке (особенно во второй его половине) начал действовать другой антропогенный фактор – резкое уменьшение стока наносов рек в результате сооружения водохранилищ и зарегулирования рек. Многие реки заметно уменьшили сток наносов: Дунай, Терек, Хуанхэ – приблизительно в 1,5 раза, Волга, Дон, Риони, Кура, Миссисипи – в 2 раза, Рона – в 3 раза, Сулак, Кубань, Тибр – в 8 раз, сток наносов Нила сократился в 60 раз. В результате многие дельты замедлили свое выдвигание, в некоторых случаях усилился размыв их морского края.

После сооружения каскада водохранилищ на Дунае в 60–70-х годах замедлилось выдвигание дельты Килийского рукава в устье Дуная. Значительное сокращение стока наносов Сулака в результате сооружения Чиркейской ГЭС в 1974 году привело к замедлению выдвигания дельты этой реки в море, а затем к началу ее размыва (рис. 5). В последнем случае размыву дельты способствовало повышение уровня Каспийского моря. Весьма характерные процессы произошли в дельте Нила. До начала XX века рукава дельты Розетта и Дамietta быстро выдвигались в Средиземное море. Однако после сооружения Старой Асуанской плотины в начале

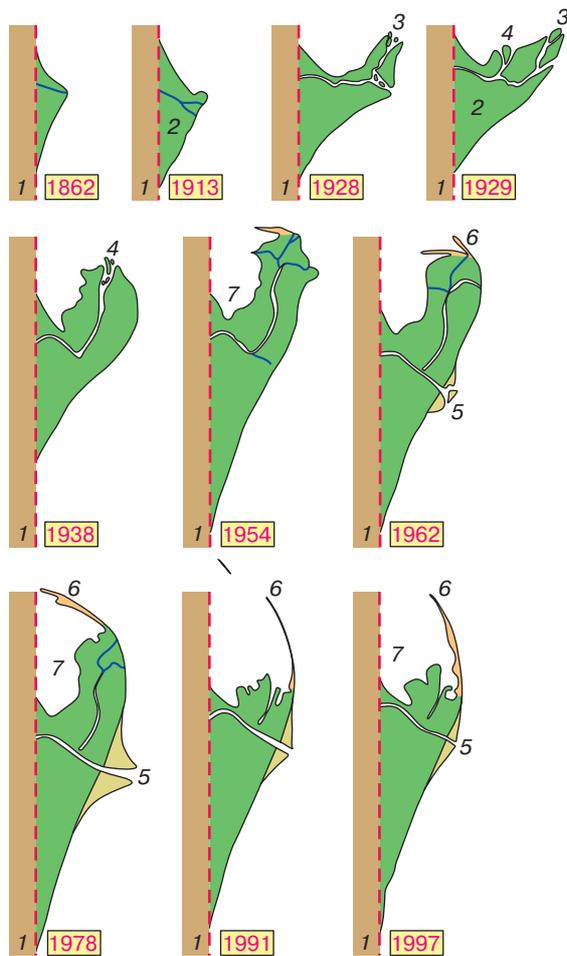


Рис. 5. Схема развития дельты Сулака: 1 – берег Каспийского моря до прорыва Сулака на открытое побережье (конец XVIII века) и начала формирования дельты выдвигания (ранее дельта выполнения Сулака находилась в Аграханском заливе), 2 – основная часть дельты, 3 – первая причлененная частная дельта, сформировавшаяся после естественного прорыва русла в северо-восточном направлении предположительно в 1922 году, 4 – вторая причлененная частная дельта, сформировавшаяся в северном направлении после прокопа левой косы в 1929 году, 5 – третья причлененная частная дельта, сформировавшаяся после искусственного вывода реки в море в юго-восточном направлении и перекрытия старого русла в 1957 году, 6 – Сулакская коса, сформировавшаяся из продуктов разрушения дельты волнением (при подъеме уровня моря в 1978–1995 годах коса была частично размывта), 7 – Сулакская бухта

века и особенно высотной Асуанской плотины в 1964 году выдвигание дельты сменилось сильным размывом ее морского берега. Основная причина – резкое сокращение стока наносов реки (после 1964 года от 120 млн до 2 млн т/год).

ВЛИЯНИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ МОРЕЙ И ОЗЕР НА РАЗВИТИЕ ДЕЛЬТ

Вековые и многолетние изменения уровня океана, морей и озер – важнейший фактор, влияющий на эволюцию дельт. Значительное снижение уровня моря (регрессия) вызывает, как правило, эрозионное врезание речного русла, иногда весьма сильное. Так, в устьевой части Нила во время очень низкого стояния уровня Средиземного моря (тогда оно отделялось от Атлантического океана) сформировался каньон глубиной до 4000 м. Во время регрессий место формирования дельты смещается в сторону моря. В периоды снижения уровня моря многие дельтовые водоемы высыхают, а сами дельты обычно быстро выдвигаются в море. Причина этого – увеличение количества переносимых рекой наносов: в водоем поступают не только транзитные речные наносы, но и продукты эрозии русла. Быстрое выдвигание в море дельты Сулака отмечено в период резкого падения уровня Каспийского моря в 30-х годах (см. рис. 5), а дельты Амударьи – в 60–70-е годы XX века, когда уровень Аральского моря стал сильно снижаться. Интересно отметить, что эффект снижения уровня водоема частично компенсируется выдвиганием дельты в море. Так, в 1961–1979 годах уровень Арала упал на 6,5 м, а главный рукав дельты Амударьи – Урдабай выдвинулся в водоем на 17 км. В результате русло и уровни воды на месте старого морского края дельты понизились лишь на 4,5 м (на 2 м меньше, чем уровень моря за то же время) [5].

В периоды морских трансгрессий дельты обычно затопляются, узкая речная долина при этом превращается в залив (губу, эстуарий), а широкая – в блокированные пересыпями со стороны моря лиман или лагуну. Место отложения речных наносов смещается в глубь континента. Именно повышение уровня моря и затопление речных долин становятся причиной стадийного развития дельт, о котором говорилось выше. Повышение уровня моря, кроме того, увеличивает глубину взморья, что ведет, в свою очередь, к возрастанию высот волн и усилению разрушающего воздействия волнения на дельты.

Происшедшее в период 1978–1995 годов повышение уровня Каспийского моря на 2,3 м по-разному сказалось на дельтах впадающих в него рек. Небольшая (новая) дельта в устье главного рукава Терека с большим стоком наносов, несмотря на быстрое и значительное повышение уровня моря, в целом сохранила свое положение, лишь нарастившись в высоту и поднявшись параллельно сама себе. Дельта же Сулака в условиях дефицита речных наносов после сооружения Чиркейской ГЭС была частично затоплена и размывта

морским волнением (см. рис. 5). За 1978–1999 годы площадь этой дельты уменьшилась с 70,6 до 45,1 км², то есть на 36%. Сходные процессы произошли в дельте Куры. На подтопленном морском берегу около трех упомянутых дельт сформировались небольшие лагуны, отделенные от моря береговыми барами. В устье Волги были затоплены острова на взморье и узкая приморская полоса в самой дельте.

Затоплению земель и размыву морского края дельт помимо повышения уровня моря способствует также просадка грунта, вызванная уплотнением рыхлых дельтовых отложений. Интенсивность просадки грунта может достигать 2–7 мм/год. Такие явления отмечены в дельтах Кубани, Дуная, Миссисипи, Ганга и Брахмапутры, Нила, Роны, Эбро и многих других. В дельте Миссисипи, например, ежегодно из-за затопления и размыва берегов бесследно исчезает до 100 км² земель. Повышение уровня моря и просадка дельтовых отложений способствуют усилению воздействия на дельты и других морских факторов — увеличению дальности распространения в дельту приливов, нагонов, морских осолоненных вод.

Процессы, сходные с теми, что произошли в дельтах рек, впадающих в Каспийское море в последние 20 лет, могут произойти и в дельтах на побережье Мирового океана в результате ожидаемого повышения его уровня. В настоящее время уровень океана поднимается со скоростью 1,5–2 мм/год. Однако глобальное потепление климата, по прогнозам, должно ускорить рост уровня океана. Предсказывают, что к концу XXI века уровень океана повысится по сравнению с современным на 66 см (средняя оценка) или даже 110 см (максимальная оценка). Очевидно, что это приведет к затоплению земель и разрушению берегов во многих дельтах мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Речные дельты — одни из самых изменчивых природных объектов на Земле. Их существование и интенсивность развития — следствие комплекса природных и антропогенных факторов, среди которых главные — изменения уровня моря и стока наносов рек. Дельты как элементы береговой зоны наиболее типичны для геологических эпох, характеризующихся стабильным или опускающимся уровнем Мирового океана или отдельных морей. Во время трансгрессии моря для береговой зоны более типичны эстуарии и лагуны. В периоды бо-

лее холодного и влажного климата сток наносов рек возрастает и дельты активно выдвигаются в море. В периоды теплого и сухого климата рост дельт, наоборот, замедляется или даже сменяется их размывом.

На развитии дельт сильно сказались антропогенные факторы. Распашка земель и сведение лесов в XIX веке привели к усилению эрозии в речных бассейнах, возрастанию стока наносов и ускорению роста дельт многих рек. Сооружение водохранилищ на реках во второй половине XX века, наоборот, резко сократило сток наносов зарегулированных рек и привело к замедлению выдвигания дельт, а в некоторых случаях к их размыву. В настоящее время рост уровня Мирового океана также сказывается на замедлении роста многих дельт. При оценке влияния ожидаемого ускорения подъема уровня океана на дельты рек мира из-за потепления климата может помочь опыт изучения воздействия на дельты недавнего резкого повышения уровня Каспийского моря. Таким образом, речные дельты могут рассматриваться как эффективные индикаторы крупномасштабных глобальных и региональных, естественных и антропогенных изменений природной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байдин С.С., Линберг Н.Ф., Самойлов И.В. Гидрология дельты Волги. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 331 с.
2. Дельты — модели для изучения: Пер. с англ. / Под ред. М. Бруссард. М.: Недра, 1979. 323 с.
3. Коротаяев В.Н. Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.
4. Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: Прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.
5. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1998. 176 с.

Рецензент статьи Н.В. Короновский

* * *

Вадим Николаевич Михайлов, доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ, заслуженный деятель науки РФ, действительный член Академии водохозяйственных наук. Область научных интересов — гидрология и водные ресурсы, взаимодействие рек и морей, дельты и эстуарии, гидроэкология. Автор более 250 научных работ, в том числе 11 монографий, двух учебников и четырех научно-методических руководств.