

В.Н. Михайлов

**МЕСТО УСТЬЕВ РЕК В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ И ИХ РОЛЬ
В ГЛОБАЛЬНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

V.N. Mikhailov

**THE POSITION OF RIVER MOUTHS IN THE NATURAL
ENVIRONMENT AND THEIR ROLE
IN THE GLOBAL HYDROLOGICAL PROCESSES**

Рассмотрена роль речных дельт в регулировании жидкого стока и аккумуляции стока наносов. Установлено, что в устьях крупных рек аккумулируется от 52 до 96 % стока наносов.

The role of river deltas in regulation of water drainage and accumulation of alluvium sediments is considered. It was determined that from 52 to 96 % of river alluviums is accumulated in the mouths of the large rivers, everything else goes to a water receiver.

Устья рек как особые географические объекты. Устьевые области (устья) рек – уникальные географические объекты, обладающие особым геоморфологическим строением, ландшафтом, гидрологическим режимом, богатейшими природными ресурсами. Специфичность этим объектам придает прежде всего их особое географическое положение между речными бассейнами и приемными водоемами (океанами, морями и озерами). Ведущими процессами, формирующими природный облик устьев рек, являются динамическое взаимодействие и смешение речных и морских вод и дельтообразование [Михайлов, 1998].

Устьевые области рек подразделяются на простые, эстуарные, эстуарно-дельтовые и дельтовые. Составными частями устьевых областей рек являются: подверженный воздействию приливов или нагонов придельтовый участок реки, дельта с сетью водотоков и водоемов, устьевое взморье (полузакрытое или открытое, приглубое или отмелое). Полузакрытое устьевое взморье может иметь форму узкого морского залива (губы), лагуны, лимана, воронкообразного приливного эстуария. Дельты, формирующиеся на полузакрытых устьевых взморьях, называют дельтами выполнения, а на открытом устьевом взморье – дельтами выдвигения.

Устья рек занимают весьма небольшую часть поверхности земного шара. Площадь всех дельт мира менее 3 % площади суши, а эстуариев – менее 0,5 % площади океанов [Михайлов, 1998]. Тем не менее, глобальная роль устьев рек очень велика. Не затрагивая экономического значения устьев рек и их роли в поддержании экологического равновесия на обширных пространствах суши

и морей, остановимся лишь на месте устьев рек в природной среде и на основных проявлениях роли устьев рек в глобальных гидрологических процессах.

Устья рек и зональные природные условия. Сток воды и сток наносов рек – главные факторы, определяющие направленность и интенсивность устьевых гидролого-морфологических процессов. Величина и режим стока воды и наносов рек, в свою очередь, определяются, во-первых, природными условиями в зоне формирования стока (водным балансом территорий и характером увлажнения, типом подстилающей поверхности и эрозионной устойчивостью грунтов), подчиняющимися законам широтной и высотной зональности, а во-вторых, размерами речных бассейнов.

В целом проявляется очевидная закономерность: чем больше сток воды W_Q и наносов W_R реки, тем больше площадь дельты F_d . По данным о 50 дельтах мира получены эмпирические зависимости $F_d \sim 20W_Q$ и $F_d \sim 60W_R$, где F_d – в км², W_Q – в км³/год, W_R – в млн т/год. Связи имеют довольно высокие коэффициенты корреляции: 0,73 и 0,88 соответственно. Более тесная связь F_d с W_R , чем с W_Q , подтверждает вывод о том, что сток наносов оказывает большее влияние на размер дельты, чем сток воды. Поскольку крупные реки Азии и Южной Америки – самые водоносные и несут наибольшее количество наносов, в их устьях находятся и самые большие дельты.

Азональность речных дельт. Интразональными называют природные комплексы, не имеющие строгой зональной и региональной приуроченности, ведущими факторами развития которых служат геоморфологические, литологические и гидрологические особенности. Именно эти три фактора и придают речным дельтам свойства интразональности как одному из видов азональности. Дельты обладают низменным плоским рельефом, сложены в основном речными отложениями (при этом их верхний слой, как правило, содержит плодородный ил). Благодаря этим двум факторам дельты по своему рельефу и литологии обычно сильно отличаются от сопредельных территорий. Но главный фактор интразональности дельт – это их повышенная увлажненность, обусловленная в основном обводняющей ролью реки и наличием сложной гидрографической сети самой дельты (сети водотоков, водоемов, плавней и др.). В большинстве случаев именно речной сток, а не атмосферные осадки (их в дельтах, расположенных в засушливых зонах, может быть очень мало), является причиной повышенной увлажненности дельт. А обилие влаги (помимо важной роли достаточно высоких температур воздуха в южных дельтах и плодородных почв) является причиной формирования характерного дельтового ландшафта и прежде всего буйной и разнообразной растительности. В зонах с недостаточным увлажнением (индекс сухости – отношение испаряемости к осадкам – z_0/x от 1 до 3) и тем более сухих ($z_0/x > 3$) дельты (так же как и прирусловые и пойменные леса) становятся своеобразными «оазисами» на фоне смежных ландшафтов степей, полупустынь и пустынь.

Степень интразональности речных дельт может быть установлена путем сравнения характера увлажнения самих дельт и окружающих зональных ландшафтов. Поскольку главная причина увлажненности дельт – водный сток рек, то для характеристики увлажненности дельт величину атмосферных осадков использовать нельзя. Для упомянутого сравнения можно применить отношение годовой величины испарения с поверхности дельты z_d к аналогичной величине испарения с поверхности окружающих дельту территорий z . Первая из величин характеризует увлажнение дельты, вторая – зональный фон увлажнения территорий. Как показали исследования, величина испарения с поверхности дельты z_d в среднем для многих дельт, находящихся в разных природных зонах, численно близка к величине испаряемости z_0 .

Проведенные расчеты для 36 крупных дельт мира показали, что степень интразональности дельт, выраженная через отношение z_d/z , имеет зональный характер и зависит от индекса сухости z_0/x . Получена эмпирическая зависимость $z_d/z = 0,419(z_0/x)^{1,379} + 1$ при достаточно высоком коэффициенте достоверности аппроксимации $r = 0,905$.

К числу азональных факторов дельтообразования можно отнести и природные условия прибрежной зоны приемных водоемов. Это прежде всего рельеф ингрессионных заливов или открытого взморья (очертания, глубины), где формируются дельты. Кроме того, на развитие и режим дельт влияют динамические факторы – изменения фонового уровня моря, приливы, нагоны, морское волнение, а также соленость морской воды.

Роль устьев рек в глобальном круговороте воды и в переносе вещества и энергии. Через устья рек, как через своеобразные «клапаны», осуществляется непрерывный круговорот воды на земном шаре. В устьях рек сопрягаются материковое и океаническое звенья упомянутого круговорота. Через устья рек ежегодно в океаны и моря поступает в среднем 41,7 тыс. км³ пресной воды [Мировой водный баланс..., 1974]. Вместе с водой через устья рек в океаны, моря и озера поступают огромные массы продуктов денудации материков (взвешенные и влекомые наносы, растворенные вещества), органические и биогенные вещества, теплота. Содержащиеся в воде вещества и тепловая энергия, в отличие от круговорота возобновляемой воды, участвуют в одностороннем переносе с материков в океаны.

Поступающая через устья в моря и озера пресная речная вода во многих случаях оказывает решающее влияние на водный и солевой баланс этих водоемов. Устья рек являются источниками опреснения прилегающих районов морей и океанов.

Зона взаимодействия и смешения речных и морских вод в устьях рек представляет собой динамический, седиментологический, геохимический, биохимический и биологический «барьер» между рекой и морем. Здесь гасится кинетическая энергия речного потока, отлагается большая часть речных наносов, происходит коагуляция и флокуляция речных взвесей, из раствора

удаляются биогенные вещества, поступающие из реки, происходит биоседиментация, смена водной биоты и т.д.

Роль дельт в трансформации водного стока рек. Речные дельты осуществляют сезонное регулирование водного стока. На подъеме половодья огромные массы речной воды из дельтовых водотоков поступают в низменные части дельт, обводняя плавни и озера, насыщая грунты. На спаде половодья большая часть аккумулированной воды возвращается в водотоки дельты. Регулирующая роль дельт (особенно крупных и необвалованных) схожа с регулирующей ролью речных пойм – их периодическим затоплением и опорожнением [Барышников, 1984]. По аналогии с «пойменным регулированием» поверхностного стока и «береговым регулированием» (насыщение грунтов на подъеме половодья и отдача на спаде или в межень) сезонное регулирование стока в дельтах можно назвать «дельтовым регулированием».

Дельты изменяют не только сезонный, но и среднегодовое стока воды [Михайлов, 1986]. В результате проведенных расчетов выявлены принципиальные различия в среднем многолетнем водном балансе двух групп дельт. В первую группу входят дельты, находящиеся в областях достаточного (индекс сухости z_0/x от 0,45 до 1,0) или избыточного увлажнения ($z_0/x < 0,45$). У всех дельт этой группы $x > z_d$ и отмечается *добавление водного стока*. Дельты этой группы можно подразделить на две подгруппы. В первую подгруппу входят дельты, находящиеся в субарктическом поясе на побережье Северного Ледовитого океана. Наиболее значимое добавление стока свойственно дельтам Лены, Юкона, Макензи, Енисея (соответственно 4,80, 1,45, 1,20 и 1,04 км³/год). В эту подгруппу входят также дельты Северной Двины, Печоры, Оби, Яны, Индигирки, Колымы и др. Суммарное добавление водного стока в дельтах этой подгруппы составляет 11,9 км³/год, или ~0,5 % водного стока самих рек. Во вторую подгруппу входят дельты, находящиеся в субэкваториальном и экваториальном поясах. В обводнении этих дельт помимо стока рек важную роль играют обильные атмосферные осадки. Для дельт этой подгруппы характерно значительное добавление водного стока. Наибольшие величины такого добавления у дельт Амазонки (120 км³/год), Нигера (39,2), Ганга и Брахмапутры (42,2), Иравати (26,8), Красной (10,9), Меконга (8,55 км³/год). Дополнительный сток воды в океаны только в дельтах перечисленных шести рек составляет 248 км³/год, или ~3 % водного стока самих рек.

Вторую группу составляют дельты, расположенные в области недостаточного увлажнения (z_0/x от 1,0 до 3,0) или в сухой области ($z_0/x > 3,0$), т.е. в умеренном, субтропическом и тропическом поясах. В дельтах этой группы $x < z_d$ и происходят заметные *потери водного стока*. Такие потери наибольшие в дельтах, расположенных в условиях сухих степей, полупустынь и пустынь: в дельте Инда 45,7 км³/год, Нила 27,9, Хуанхэ (в естественных условиях) 18,2, Волги 7,7, Амударьи (в естественных условиях) 4,62, Или 3,10 км³/год. Суммарные потери стока в дельтах рек этой группы, впадающих

в океаны и связанные с ними моря, составляют в среднем $100,5 \text{ км}^3/\text{год}$, или $>8 \%$ водного стока самих рек.

Если сопоставить средние величины добавления и потерь водного стока в дельтах первой и второй групп, то получим, что в океаны поступает дополнительный, сформировавшаяся в дельтах, водный сток с величиной $170 \text{ км}^3/\text{год}$. Поскольку нами не учтены многие дельты, для которых данные о площадях отсутствуют, особенно в экваториальном поясе Азии, Африки и Южной Америки, то можно предположить, что в целом для земного шара суммарное добавление водного стока в дельтах должно быть еще больше.

Устья рек как районы крупномасштабной аккумуляции наносов. Проведенные в последние годы исследования баланса наносов в устьях рек показали следующее:

1. Абсолютные величины отложения речных наносов в устьях рек пропорциональны стоку наносов рек и размеру устья и наибольшие в устьях рек Ганга и Брахмапутры, Амазонки, Янцзы и Хуанхэ.

2. Доля речных наносов, задерживаемых в устье реки, наибольшая в устьях эстуарного и эстуарно-дельтового типа, когда в состав устья реки входят полузакрытые устьевые взморья в виде морского залива, лагуны и лимана (неприливные устья Оби, Енисея, Южного Буга, Днепра, Днестра, Нямунаса и др.). Эта доля возрастает (вплоть до $95 - 100 \%$) с увеличением площади этих водоемов и уменьшением их водообмена с открытым морем. Более сложные процессы происходят в приливных эстуариях, где приливные и отливные течения и их смена вызывают периодическое взмучивание наносов, перемещение их вверх и вниз вдоль эстуария и отложение. Многолетние же процессы в эстуариях, лиманах и лагунах сходны: эти водоемы постепенно заносятся речными (в приливных эстуариях также и морскими) наносами. Интенсивность этих аккумулятивных процессов зависит от величины стока наносов реки, объема водоема и энергии приливов. Многие эстуарии и лагуны, образовавшиеся в результате постледникового повышения уровня Мирового океана, уже полностью занесены наносами (устья Роны, Тибра, Миссисипи, Янцзы и др.). Эстуарии Луары, Сены, Жиронды медленно заполняются наносами.

3. Наибольшее количество наносов (в абсолютных величинах и в $\%$ стока наносов рек) отлагается в тех современных дельтах, которые находятся в естественном состоянии (не обвалованы), имеют большие размеры, низменный рельеф и густую русловую сеть, большие площади озер, болот и плавней. Крупные многорукавные слабо освоенные человеком дельты задерживают такую долю речного стока наносов: Лены 75% , Оби 63% , Селенги 58% , Индигирки 50% .

4. Велика доля речных наносов, задерживаемых в дельтах, хорошо освоенных в хозяйственном отношении и имеющих большое число водозаборных сооружений, подающих воду на орошение сельскохозяйственных угодий, об-

воднение водоемов и нерестилищ (например, дельта Кубани, где отлагается 61% речных наносов).

5. На поверхности дельт, острова которых обвалованы, а забор воды на хозяйственные нужды невелик, отлагается относительно небольшое количество речных наносов.

6. Для многих многорукавных дельт характерны процессы сосредоточения стока воды и наносов в ограниченном числе крупных магистральных размывающихся рукавов и отмирания и заиления многочисленных небольших боковых водотоков. Интегральный результат этих процессов – отложение наносов в русловой сети дельты.

7. Существенное влияние на эрозионно-аккумулятивные процессы в дельтах оказывают крупномасштабные изменения уровня приемного водоема. В периоды резкого снижения уровня Каспийского моря в магистральных руслах дельт Терека и Сулака происходил размыв, приведший к увеличению поступления наносов на устьевое взморье. В период значительного повышения уровня Каспия, наоборот, в руслах преобладали аккумулятивные процессы.

8. Доля речных наносов, отлагающихся на устьевых взморьях тем больше, чем больше размер всей устьевой области и его части – устьевого взморья, чем слабее воздействие морских факторов (ветровых и приливных течений, волнения). Доля речных наносов, отлагающихся на дне устьевого взморья, возрастает по мере развития дельты, выдвижения ее в море, увеличения ее возраста и увеличения размера всего устьевого конуса выноса.

9. Вынос речных наносов за пределы устьевого взморья на большие морские глубины и вовлечение продуктов волнового разрушения морского края дельты во вдольбереговую поток обычно рассчитывается совместно как остаточный член уравнения баланса наносов в устье реки. Эта величина обычно составляет до 40 % стока наносов реки. Эта доля возрастает с уменьшением размера дельты и устьевого конуса выноса. Возрастает она и в тех случаях, когда шельф узкий и его бровка расположена близко к устью реки, когда вблизи устья находится крутой материковый склон и особенно, если край шельфа и материковый склон прорезают подводные каньоны, как в устьях рек Ганга и Брахмапутры, Амазонки, Инда, Риони. В этих случаях часть речных наносов накапливается за пределами устья реки на больших глубинах, формируя глубоководные конусы выноса, иногда громадного размера вроде Бенгальского и Амазонского.

Таким образом, в устьевых областях крупнейших рек мира (Ганга и Брахмапутры, Амазонки, Хуанхэ, Янцзы, Миссисипи, Меконга, Красной, Дуная, Лены, Индигирки), имеющих наибольший сток наносов и впадающих в Мировой океан и связанные с ним моря, задерживается от 52 до 96 % речных наносов (в среднем 84 %). Если из этого перечня рек исключить Ганг и Брахмапутру, часть стока наносов которых через каньон и по материковому

склону уходит на поверхность глубоководного конуса выноса, то средняя доля стока речных наносов, отлагающихся в устьях рек, возрастет до 88 %.

Чтобы распространить эти оценки на все впадающие в океан реки, величину доли речных наносов, остающихся в устьях рек разного размера, по видимому, следует несколько уменьшить, например, до 80 %. Принимая сток взвешенных наносов всех рек равным 15,7 млрд т/год [Мировой водный баланс..., 1974] и добавляя к этой цифре 10 % для учета влекомых наносов, получим суммарный сток наносов всех рек мира 17,3 млрд т/год. Наши расчеты, таким образом, приводят к выводу о том, что устьевые области рек задерживают около 14 млрд т речных наносов в год.

Литература

1. *Барышников Н.Б.* Морфология, гидрология и гидравлика пойм. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 280 с.
2. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 638 с.
3. *Михайлов В.Н.* Гидрология устьев рек. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 176 с.
4. *Михайлов В.Н., Рогов М.М., Чистяков А.А.* Речные дельты. Гидролого-морфологические процессы. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 280 с.