

УДК 551.4:551.482.6

В. Н. Коротаев

**ОСОБЕННОСТИ ЛИТОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ  
РЕКА — ДЕЛЬТА — ШЕЛЬФ**

Речные системы на всем многокилометровом пути от верховьев до устья представляют собой природные пути перемещения наносов, большая часть которых после многократного переотложения, дифференциации по крупности поступает к вершинам дельт. На придельтовом участке речной долины, как правило, преобладает транзит наносов, где динамически устойчивые русла, сложенные подвижными аллювиальными отложениями, почти не подвергаются односторонним деформациям благодаря равенству фактического расхода наносов и транспортирующей способности потока. Только в дельтах проявляется тенденция к уменьшению крупности аллювия и аккумуляции наносов. Н. И. Маккавеев [10, 11], исследуя условия, необходимые для развития рек, придавал большое значение изменениям природных условий и гидрологического режима рек, влекущих за собой изменения транспортирующей способности потока и трансформацию удельной энергии его живого сечения. Геоморфологическим эффектом таких изменений обычно является определенная направленность русловых процессов (вертикальных и горизонтальных деформаций русла) и свойственная им морфологическая разновидность русел. Известное положение А. И. Войкова о том, что реки — продукт климата, находит непосредственное подтверждение прежде всего в географическом распределении стока рек (особенно стока взвешенных наносов), отражающем зональное изменение интенсивности денудации [2, 17].

Анализ многолетних данных по гидрологическому режиму рек СССР на основе Водного кадастра (170 рек длиной не менее 100 км и площадью водосбора не менее 1000 км<sup>2</sup>) позволил выявить три наиболее типичных проявления процесса трансформации стока воды и наносов вдоль реки в зависимости от природных условий и выделить три наиболее характерных типа: 1) постепенное увеличение водности и стока взвешенных наносов от верховьев к устью; 2) постепенное увеличение речного стока до верхней границы придельтового участка и затем резкое уменьшение его характеристик к вершине дельты и 3) постепенное увеличение водности рек от верховьев к устью и уменьшение стока наносов на придельтовом участке речной долины. Причины проявления выделенных типичных ситуаций в трансформации речного стока различны для разных климатических зон и областей (рис. 1).

Первый тип трансформации стока характерен для рек, бассейны которых целиком расположены в пределах одной климатической зоны: субарктической (Яна, Индигирка, Колыма, Анадырь, Оленек); субтропи-

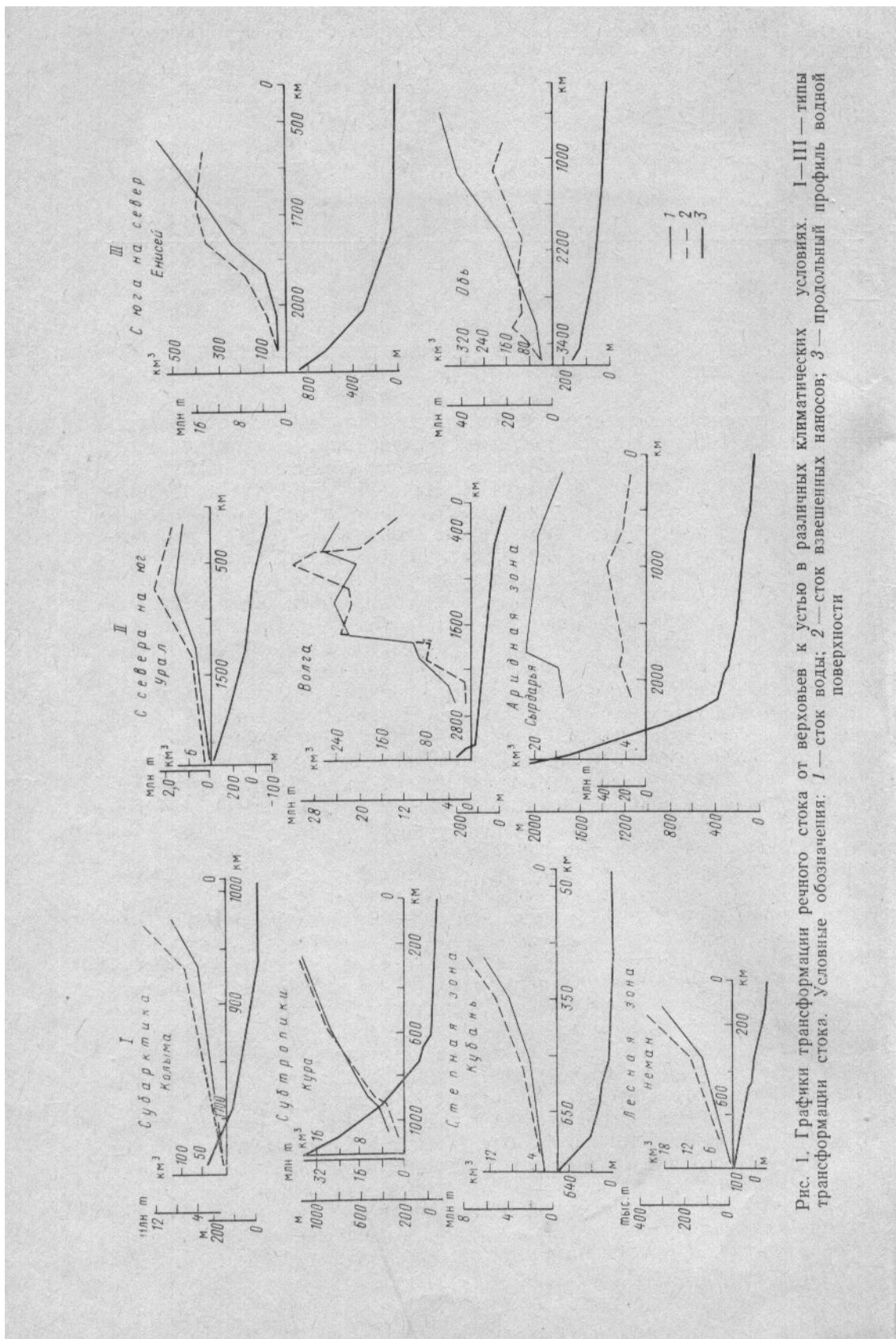


Рис. 1. Графики трансформации речного стока от верховьев к устью в различных климатических условиях. I—III — типы трансформации стока. Условные обозначения: 1 — сток воды; 2 — сток взвешенных наносов; 3 — продольный профиль водной поверхности

пической (Риони, Кура, Ингури); умеренной степной (Кубань, Терек, Дон, Сулак) и умеренной лесной (Неман, Зап. Двина, Камчатка).

Второй тип наблюдается на большинстве рек умеренной зоны, пересекающих несколько климатических областей с севера на юг (Днестр, Днепр, Урал, Волга) от лесной до пустынной, а также для ряда рек аридной зоны (Амударья, Сырдарья, Или, Карагатал).

Третий тип трансформации речного стока соответствует многоводным рекам (годовой сток не менее  $300 \text{ км}^3$ ), пересекающим многие климатические зоны и области с юга на север (Обь, Енисей, Лена), а также характерен для крупных рек муссонной области умеренной зоны (Амур).

Природные условия формирования речного стока, мутность речных вод, количество взвешенных наносов, попадающих к вершинам дельт, гидродинамика устьевого взморья, а также особенности морфолитогенеза в устьевых областях рек, расположенных в различных климатических областях и зонах,— все это находит непосредственное выражение в интенсивности и тенденциях геоморфологических, русловых и дельтоформирующих процессов (динамике гидрографической сети, величине устьевого удлинения, размерах и геоморфологии дельты).

Так, в тропической зоне интегрирующими показателями высокой интенсивности русловых и дельтоформирующих процессов являются размеры дельтовых равнин, достигающие многих десятков тысяч квадратных километров (Амазонка, Ганг-Брахмапутра, Хуанхэ, Инд, Иравади, Меконг, Янцзы и др.). Мангровые заросли на илистых приливно-отливных ваттах и маршах, особенно их разветвленная корневая система, способствуют осаждению взвеси и постепенному повышению дна осушек и выдвижению морского края дельт. В умеренной и аридной зонах аналогом «мангрового эффекта» при формировании дельтовых равнин служат маршевые луга в устьях рек Западной Европы и тростниковые заросли в ильмень-културной зоне рек юга европейской части СССР (Волга, Терек, Кубань, Дон, Дунай, Днестр), а также плавни среднеазиатских рек (Амударья, Сырдарья, Или).

Малая концентрация взвеси в речных водах (от 5—25 до  $150 \text{ г/м}^3$ ), тундровый характер растительности в пределах субаэральной части дельт (осоки, мхи, лишайники, низкорослые кустарники), мерзлое состояние отложений обусловливают малую среднюю скорость береговых, дельтовых и русловых процессов в устьях арктических рек.

Независимо от характера трансформации стока в речном бассейне к вершинам дельт поступает более 18 млрд т взвешенного вещества [14, 22, 23]. Какова дальнейшая судьба этого материала? Для дельтового района большинства устьевых областей рек наиболее характерны аккумуляция наносов и формирование дельты в зоне сопряжения реки с приемным водоемом. Эту переходную от реки к морю зону А. П. Лисицын [9] относит к так называемому «первому глобальному поясу лавинной седиментации», понимая под этим процесс очень быстрого накопления осадков. Однако реальная картина эрозионно-аккумулятивных процессов в речных дельтах существенно отличается от классической схемы. Поступивший к вершинам речных дельт терригенный материал распределяется по дельтовым рукавам и протокам, формируя русловые формы в пределах субаэральной дельты (перекаты, побочники, осередки, пойму) и собственно устьевые формы на акватории авандельты (устевые косы, бары, приливо-отливные гряды). Установлено, что в современных дельтах (от вершины до морского края) остается от 25 до 90% стока взвешенных наносов [1, 3, 4, 6, 21].

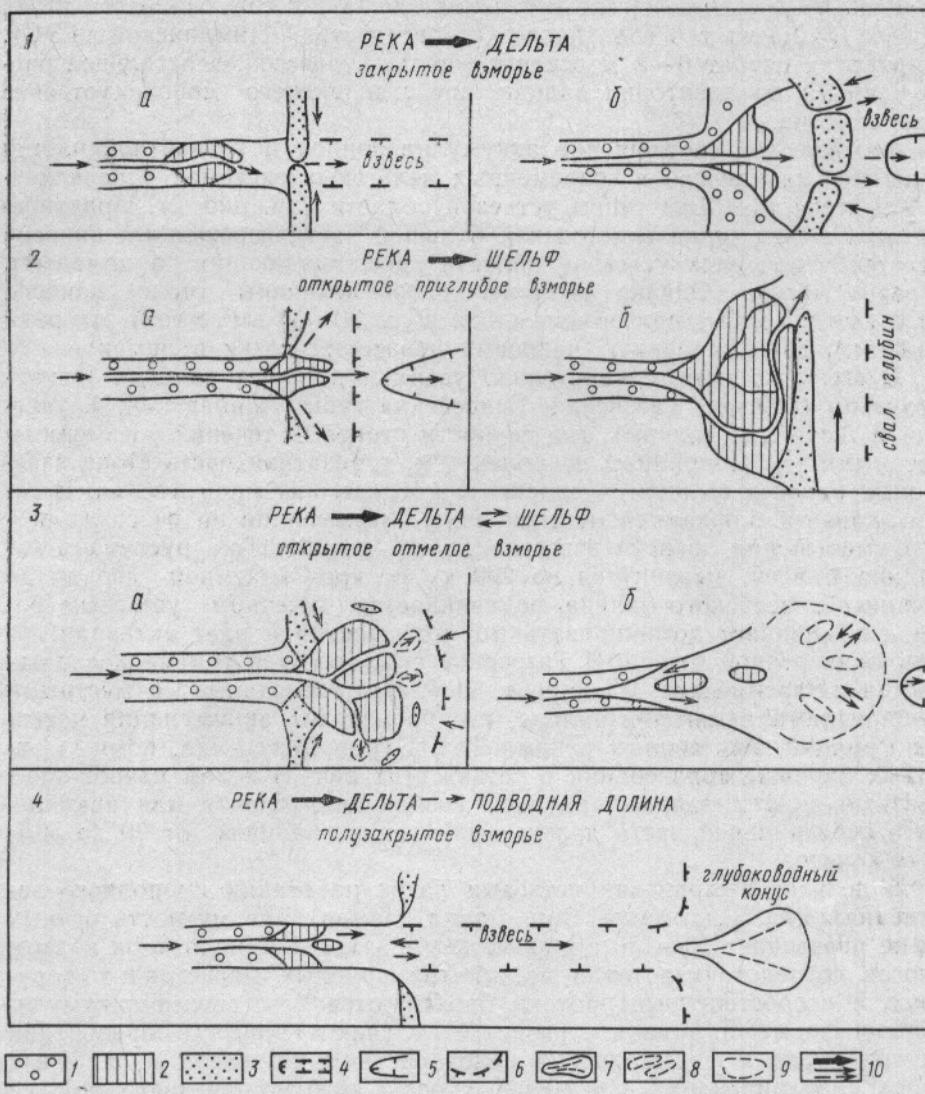
Остальная часть выносится в заливы, устьевые лагуны, лиманы или на открытое взморье, где дальнейшая их судьба зависит от гидродинамики устьевого взморья. Рассмотрим несколько характерных случаев трансформации стока взвешенных наносов в речной дельте и на устьевом взморье (рис. 2).

На примере различных модификаций дельт выполнения устьевых лагун можно выстроить генетический ряд последовательного развития устьевой области реки по мере заполнения акватории лагуны аллювием. В начале этого ряда можно поставить такие реки, как Камчатка, Авача, Амгуема, Муррей, формирующие рукавные дельты в не полностью заполненных устьевых лагунах. Поступающие сюда взвешенные наносы (от 0,25 до 30 млн т в год) практически все остаются в лагуне и в дельте. К этому же типу транспорта наносов (река — дельта — закрытое взморье) можно отнести реки, впадающие в лиманы и оставляющие здесь весь сток наносов (от 3 тыс. т до 1,2 млн т в год для рек: Юж. Буг, Днепр, Днестр, Тилигул, Ингул, Когильник, Ея, Сарата, Ялпух и др.).

Генетический ряд продолжают реки, заполнившие полностью устьевую лагуну, сформировавшие на ее месте дельтовые равнины площадью от 0,2 до 22 тыс. км<sup>2</sup> и продолжающие формирование дельт на открытом взморье. На открытом океаническом побережье с приливами от 1,2 до 3,7 м устья таких рек блокируются вдольбереговой морской косой, а неаккумулированная часть речных наносов уходит безвозвратно на большие глубины (Сенегал, Замбези, Лимпопо, Нил, Нигер, Риони). Другие реки, впадающие в окраинные моря и имеющие сток взвешенных наносов от 0,44 до 16 млн т в год, формируют на открытом отмелом взморье устьевые бары или современные субдельты. Завершают этот морфогенетический ряд дельт выполнения устьевых лагун реки, которые не только заполнили акватории лагун, но и смогли сформировать небольшие (от 0,4 до 1,2 тыс км<sup>2</sup>) дельты выдвижения на открытом взморье (По, Рона, Дунай, Магдалена со стоком наносов от 15 до 220 млн т в год, большая часть которых остается в пределах субаэральной дельты и на акватории устьевого взморья).

Давно был отмечен дефицит наносов в береговой зоне некоторых приглубых побережий, несмотря на обильный вынос аллювия на подводный склон [15, 16]. Главная причина этого явления — подводные каньоны, вершины которых подходят непосредственно к устьям рек. Ориентировочные расчеты для черноморского побережья Кавказа показывают, что из береговой зоны изымается и проходит через подводные каньоны в область больших глубин от 40 (р. Бзыбь) до 98% (р. Чорохи) стока речных наносов. Это приводит в отдельных случаях к полной стабилизации положения береговой линии на протяжении нескольких столетий. Практически не выдвигаются дельты таких мощных рек, как Конго, Ганга и Брахмапутры, выносящих ежегодно на устьевое взморье от 70 млн т до 1 млрд т взвесей, так как основная их часть поглощается подводными каньонами и уходит на большие глубины, где из этого материала формируются глубоководные конусы выноса, представляющие собой «второй глобальный уровень лавинной седimentации» [18].

Весьма своеобразен режим взвесей рек, впадающих в ингрессионные долинные заливы типа губ и лиманов на неприливных участках побережья Мирового океана, где практически в течение всего года сохраняется речной режим не только в дельтовых рукавах, но и на акватории заливов. Например, для Дона, впадающего в длинный и узкий Таганрогский залив (длиной 140 км) с глубиной на выходе в море



**Рис.1.** Типичные литодинамические схемы в дельтовой системе: 1 — закрытая дельтовая система (*а* — лиманно-дельтовая, *б* — лагунно-дельтовая), транзит наносов на шельф ничтожен; 2 — открытая дельтовая система с приглубым взморьем (*а* — с приступьевым подводным каньоном, *б* — с вдольбереговым потоком большой емкости), транзит наносов на шельф максимальный; 3 — открытая дельтовая система с отмельным взморьем (*а* — многорукавная дельта выдвижения, *б* — приливный эстуарий с пионерной дельтой), незначительный вынос наносов на устьевое взморье и частичный их возврат в потоке морских наносов; 4 — полузакрытая дельтовая система (долинный залив с подводной реликтовой долиной и глубоководным конусом выноса), транзит наносов на шельф ничтожен. Условные обозначения: 1 — речная долина; 2 — дельта; 3 — морские отложения; 4 — подводная долина; 5 — подводный каньон; 6 — свал глубин; 7 — глубоководный конус выноса; 8 — приливо-отливные гряды; 9 — граница устьевого бара; 10 — направление транзита наносов и их относительная емкость

10 м, аккумуляция в дельте составляет не более 10% общего стока наносов (3,2 млн т в год после строительства Цимлянской ГЭС). В пределах изобат 0—2 м оседает еще 15% взвесей, а остальное распределяется по акватории залива, представляющего собой устьевое взморье Дона.

Фактическое соотношение аккумулированной и транзитной частей стока речных наносов в современных дельтовых системах определяется морфогенетическим типом устьевой области (см. рис. 2). Практически весь объем стока влекомых и большей части взвешенных наносов остается в пределах устьевой области рек, впадающих в лиманы и устьевые лагуны. Однако из-за небольшой величины стока наносов (от 0,3 до 2,5 млн т при объеме стока воды 30—54 км<sup>3</sup> в год) эти реки очень медленно заполняют наносами акватории лагун и лиманов.

В полузакрытых, сравнительно узких и длинных заливах эстуарного типа (Обская, Тазовская, Енисейская губы, Анабарский, Хатангский и Амурский заливы), где скорости стоковых течений соизмеримы с речными [5], а приливы не более 1 м, транзитная часть стока взвешенных наносов выносится далеко за пределы наземной дельты. В самом заливе наблюдаются местные зоны аккумуляции на участках резкого уменьшения энергии взвесенесущего потока. Так, русловая бороздина Енисея, выдвинутая на 200 км от края наземной дельты до вершины Енисейского залива, заканчивается внешним устьевым баром, где начинает доминировать морской фактор и идет активная аккумуляция речной взвеси. В Тазовской губе имеются три мелководных участка (Нярсомесале, Юрхарово, Пойлово), связанные с местными расширениями акватории залива, где происходит аккумуляция песчаных фракций, вынесенных реками Таз, Пур и Мессо-Яха, помимо типичных баровых образований в устьях этих рек. В целом преобладает транзитно-аккумулятивный процесс, создающий условия для накопления в субаэральной части дельт выполнения заливов от 30 до 50% стока наносов.

В дельтах выполнения устьевых лагун на стадии их полного заполнения (Яна, Индигирка, Зап. Двина, Неман), где мутность речных вод не превышает 50—150 г/м<sup>3</sup> и устьевое взморье отмело, сток воды и наносов сосредоточивается в нескольких крупных магистральных рукавах, а второстепенные протоки блокируются береговыми аккумулятивными формами. Широкое развитие получают процессы образования излучин русла и формирования целой системы отмерших и активных поясов меандрирования. Смещение излучин вниз по течению приводит к периодическому переформированию узлов дельтовых рукавов и русловых разветвлений и попеременной активизации протоков. Во всех крупных водотоках таких дельт преобладает транзит взвешенных наносов [6].

Для дельт выдвижения (Лена, Оленёк, Селенга, Сев. Двина) наиболее характерно наличие общего исторического узла разветвления из нескольких магистральных рукавов, имеющих свои региональные узлы разветвления, образующие густую сеть взаимосвязанных водотоков, разделенных островами. Старые дельтовые острова энергично переформируются потоком, создающим типично русловые образования (сегментную пойму) и русловые простые сопряженные разветвления типа «восьмерок». Все русловые формы (осередки, побочни, косы) очень динамичны, смещаются вниз по течению, вызывая периодическое перераспределение стока в разветвлениях русла и отмирание второстепенных проток. Тенденция и интенсивность русловых деформаций определяются исключительно многолетними и сезонными коле-

баниями стока воды и наносов реки. В таких дельтах аккумулируется большая часть стока взвешенных наносов (до 70%).

Для группы рек с большой мутнотостью вод (более 300 г/м<sup>3</sup>) соотношения аккумулированной и транзитной частей стока взвешенных наносов могут существенно отличаться даже в пределах однотипных дельт, так как миграция речных русел в результате прорыва береговых валов приводит к заполнению внутридельтовых водоемов наносами и формированию «наложенной» дельты, что резко увеличивает объемы современной аккумуляции в дельтах таких рек, как Кубань, Терек, Куря, Амударья, Или [12, 13, 19, 20].

Рассмотренные типичные ситуации трансформации стока наносов для различных морфогенетических дельтовых систем справедливы для устьевых областей рек, прошедших длительный период эволюционного развития на заключительном этапе фландрской трансгрессии океана за последние 5—6 тыс. лет. За это время некоторые реки успели заполнить долинные заливы и лагуны, создать разветвленную гидрографическую сеть, а их дельты — выдвинуться в открытое море на 100—150 км, получить четкие геоморфологические границы и определенное стратиграфическое положение среди комплекса шельфовых фаций. Общая площадь голоценовых речных дельт около 5 млн км<sup>2</sup>, что вместе с акваторией лиманов и лагун составляет 2% земной поверхности. Протяженность дельтовых берегов превышает 19% общей длины береговой линии Мирового океана [7, 8]. Если к этим впечатляющим цифрам присоединить площади подводных частей современных дельт (авандельту и устьевое взморье), а также вспомнить мощности голоценовых аллювиально-дельтовых отложений, которые в некоторых дельтах колеблются от сотен метров до нескольких километров, то не трудно представить, какими гигантскими природными ловушками для наносов являлись участки переходной зоны между морем и рекой, изымавшие из речного стока более половины осадочного материала, не пропуская его на шельф и в пелагиаль.

Образование на побережьях Мирового океана динамически устойчивых дельтовых систем изменило баланс наносов в береговой зоне. На начальной стадии формирования голоценовых речных дельт 5—6 тыс. лет назад во время замедления и стабилизации послеледниковой трансгрессии, когда большинство рек впадало в долинные заливы или устьевые лагуны, большая часть стока наносов шла на их заполнение. В современную стадию развития речных дельт, представляющих собой в большинстве случаев модели транзитно-аккумулятивной системы гидравлически взаимосвязанных водотоков, не аккумулированная в пределах наземной дельты и авандельты часть терригенных наносов вовлекается волнами в потоки морских наносов или безвозвратно уходит к подножию материкового склона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Грудинова Л. Я., Иванов А. А. Пространственная структура бюджета наносов береговой зоны морского края дельты Кубани//Литодинамические процессы береговой зоны южных морей и ее антропогенное преобразование. Л., 1982.
- Дедков А. П., Мозжерин В. И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань, 1984.
- Джаошивили Ш. В. Речные наносы и пляжеобразование на черноморском побережье Грузии. Тбилиси, 1986.
- Джаошивили Ш. В. Роль речных наносов в динамике морских берегов//Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1989. № 4.
- Коротаев В. Н. Ветровое волнение и штормовые противотечения в Тазовском эстуарии//Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, Геогр. 1974. № 3.
- Коротаев В. Н. Транспорт и дифференциация руслового аллювия в дельтах некоторых северных рек//Механическая дифференциация нова С. А., Никифоров Л. Г. и др. Карта типов берегов и побережий Мирового

океана//Рельеф и ландшафты. М., 1977. 8. Лукьянова С. А., Холодилин Н. А. Протяженность береговой линии Мирового океана и различных типов берегов и побережий//Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, Геогр. 1975. № 1. 9. Лисицын А. П. Лавинная седиментация в морях и океанах//Литология и полезные ископаемые. 1983. № 6. 10. Макавеев Н. И. Особенности формирования русла в низовьях равнинных рек//Проблемы физической географии. Вып. XVI. М., 1951. 11. Макавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., 1955. 12. Михайлов В. Н., Рогов М. М., Макарова Т. Т. Динамика гидрографической сети неприливных устьев рек. М., 1977. 13. Михайлов В. Н., Рогов М. М., Чистяков А. А. Речные дельты. Л., 1986. 14. Рейнек Г.-Э., Сингх И. Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М., 1981. 15. Сафьянов Г. А. Баланс наносов береговой зоны Пицунды в связи с утечкой наносов в подводные каньоны//Комплексные исследования природы океана. Вып. 2. М., 1971. 16. Сафьянов Г. А. Транспорт аллювиальных отложений в подводных каньонах юго-восточной части Черного моря//Водные ресурсы. 1984. № 1. 17. Сток наносов, его изучение и географическое распределение. Л., 1977. 18. Тримонис Э. С., Бурилини Ю. К. О приконтинентальном седиментогенезе в областях крупных конусов выноса (фенов)//Литология и полезные ископаемые. 1983. № 6. 19. Хайдаров Р. М. Опыт и результаты изучения динамики дельт рек с большим содержанием наносов (на примере дельты р. Или)//Водные ресурсы. 1975. № 1. 20. Штейнман Б. С. Динамика наносов в устьях рек и методы ее исследований: Автореф. докт. дис. Л., 1978. 21. Шуйский Ю. Д. Некоторые вопросы изучения баланса наносов береговой зоны (на примере черноморского побережья УССР)//Геоморфология. 1979. № 4. 22. Шуйский Ю. Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Л., 1986. 23. Milliman J. D., Meade R. H. World-wide delivery of river sediment to the oceans//Journal of Geology. 1983. Vol. 91, N 1.

Поступила в редакцию  
14.01.91