

УДК 551.35 + 551.461.32 (210.5)

**Ю. Д. Шуйский**, доктор геогр. наук, профессор  
кафедры физической географии и природопользования,  
Одесского национального университета им. И. И. Мечникова,  
ул. Дворянская 2, Одесса-82, 65082, Украина  
physgeo\_onu@ukr.net

## **ОПЫТ ЧИСЛЕННОЙ ОЦЕНКИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ И АБРАЗИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ОСАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МИРОВОГО ОКЕАНА**

В течение миллионов лет Мировой океан был средой накопления осадочного материала. Этот материал накапливался на дне и был основой слоя донных осадков. В природе существует несколько источников осадочного материала: флювиальный, абразионный, биогенный, эоловый, хемогенный, вулканический, ледовый. До настоящего времени нет реальной численной оценки абразионного и флювиального источников. Остальные оценены в общем соответственно имеющейся научной информации. Поэтому сегодня важное значение имеет оценка того количества исходного осадочного материала, которое выносится из рек в открытый океан и которое задерживается барьером береговой зоны. С другой стороны, важно оценить количество осадков, которое: *а)* аккумулируется в лагунах и лиманах; *б)* аккумулируется в эстуариях и на приливных осушках; *в)* выносится в океан под влиянием абразии клифов и подводного склона моря. Береговая зона задерживает до 70-80 % флювиальных наносов из 18,53 млрд т/год. Остальные 20-30 % прорываются в море, на внешний шельф и далее в абиссаль. Наши исследования показали, что природная система Мирового океана питается наносами суммарно в количестве  $\approx 32$  млрд т/год. Сквозь первый береговой барьер прорывается в среднем (млрд т/год): 4,5-5,0 флювиальных осадков и 6,3-7,4 абразионных, 1,6 — эоловых, 0,9 — ледовых, 2,2 — вулканогенных, 1,3 — биогенных.

**Ключевые слова:** осадочный материал, аллювий, абразия, наносы, лиманы, лагуны, эстуарии, осушки, аккумуляция, океан.

### **ВВЕДЕНИЕ**

До настоящего времени нет достаточно полно обоснованных оценок процессов аллювиального и абразионного сноса осадочного материала в Мировой океан и ряд его морей. Это не позволяет достаточно убедительно объяснить состав донных осадков в глубоководных областях, скорости осадконакопления и распределения осадков, а также получить представление о первом («седиментационном») барьере Мирового океана. Кроме того, ранее сделанный вывод о ведущем значении речного стока наносов имеет значение при антропогенном освоении природных ресурсов береговой зоны морей, при обосновании целесообразности использования ряда видов полезных ископаемых в фациальных условиях береговой зоны и оценке ее состояния. В этой связи тема статьи является *актуальной*.

Вопрос остается более сложным в связи с исследованиями устьевых областей рек, особенно дельтовых, лиманных, лагунных, фьордовых. Даже небольшие реки влажных тропиков и экваториальных побережий способны строить широкие прибрежные террасы и береговые равнины в течение весьма короткого времени. В то же время получение массового фактического материала по морфологии и динамике берегов приморских стран Земли в течение 60-80-х годов XX века и их обобщение Комиссией Береговых систем при Международном Географическом Союзе заставил задуматься о высокой эффективности процессов абразии как источника осадочного материала. На эту особенность автор обратил внимание еще в 1978 г. (на III Всесоюзном Симпозиуме «Теоретические и методологические основы комплексного изучения и освоения шельфов» в Ленинграде), когда предложил различать питание осадочным материалом отдельно береговой зоны и отдельно дна морей и океанов. Возникла необходимость количественно определить одну и другую части. В этой связи *цель данной статьи* заключается в оценке суммарного количества исходного осадочного материала, которым питается береговая зона моря из основных источников.

Для достижения данной цели следует решить такие *основные задачи*: а) оценить роль рек как главнейшего источника осадочного материала для питания береговой зоны; б) проанализировать материалы исследования седиментации на приливных и ветровых осушках, а также учесть скорости накопления осадков; в) исследовать снос осадочного материала в береговую зону под влиянием абразии клифов; г) исследовать снос осадочного материала в береговую зону под влиянием абразии бенчей. Решение перечисленных задач существенно уточнит научные положения о формировании источников питания, о составе осадков морского дна в глубоководных областях, о возможностях прибрежно-морского седиментационного барьера Мирового океана, о количестве и составе прибрежно-морских осадков. В этой связи тема данной статьи имеет важное *теоретическое значение*.

Для данной работы важно учесть разнообразные типы морских (океанических) побережий, на которых действует столь же широкое разнообразие сноса осадочного материала. При этом разнообразие условий встречается в разных широтах и на разных материках. Соответственно, *объектом* данного исследования являются побережья Мирового океана, где активно действует гидродинамический фактор. *Предметом исследования* определена оценка сноса осадочного материала реками и процессами абразии, их сравнение и особенности влияния на донные осадки в глубоководных областях морей и океанов. От того, какие источники наносов имеют важнейшее значение, во многом зависит организация береговой территории для застройки, проектирование искусственных пляжей, предотвращение разрушения берегов. Поэтому тема статьи имеет *практическое значение*. Ранее исследователи подчеркивали широтную зональность количества и состава осадочного материала, указывали на значительное влияние различных типов выветривания, которым сопровождался снос в море.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве материалов исследования послужила информация из открытой научной печати по морской геологии, морской геоморфологии и береговедению из разных стран. Основной стала информация о морфологии и динамике береговой зоны, которую по программе Комиссии Береговых систем при Международном Географическом Союзе, представляла каждая приморская страна. Значительная часть данных была получена самим автором во время работ на морях Советского Союза и в двух десятках зарубежных стран. Весь этот материал был систематизирован и разложен по группам абразионных и речных процессов, по географическим зонам и по океанам. Весь он был обработан по специально разработанной методике, изложенной в работе [16]. После камеральной и компьютерной обработки и нанесения на карту, полученные результаты подвергались интерпретации с помощью аналитических, картографического, сравнительно-географического, графического, численного и ряда других общегеографических методов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Краткая история вопроса.* К началу 70-х годов XX столетия появились первые сравнительно надежные сведения, которые позволили дать численную оценку тому количеству осадочного материала, которое из разных источников сносится в моря и океаны. Наибольшее распространение получили данные расчетов, выполненных А. П. Лисицыным [7] и его коллегами-океанологами. В литературе прочно утвердилось как достоверное среднее значение стока речных наносов в открытый океан, равное 18,53 млрд т/год. Количество осадочного материала, сносимое с клифов и бенчей в береговой зоне было оценено Г.А.Сафьяновым равным 0,5 млрд т/год, хотя ранее, в 50-х годах, Ф. Кьюнен предложил цифру 0,2 млрд т/год. Очевидно, что более точные данные позволили Г.А. Сафьянову получить более точное значение, но оно оказалось больше предыдущего. И если расчеты речного материала не вызывали особых замечаний, то оценки абразионных источников, как минимум, сопровождалась многочисленными предположениями, оговорками и допущениями. А конечные результаты даже у опытных исследователей практически всегда вызывали сомнения [1, 4, 7, 20]. Поэтому основные силы были направлены на корректировку того количества осадочного материала, которое имело абразионное происхождение. По мере того, как накапливалась исследовательская информация, конечная цифра все время уточнялась.

Уже в 70-х годах усилиями ряда авторов значения абразионного сноса в береговую зону моря было оценены количеством от 0,3 до 1,0 млрд т/год. Получение новой информации позволило Л. Г. Бондареву сделать оценку абразионного сноса, равную 1,0 млрд т/год, а Г. А. Сафьянову [12] — уже наконец-то 1,5 млрд т/год. Полученные разными авторами значения проанализировал Э. С. Ф. Бэрд [20], и подверг сомнению. Он был уверен, что абразия поставля-

ет в береговую зону моря по крайней мере в 2-3 раза больше того, что подсчитали предыдущие авторы.

В период 70-80-х годов XX века Комиссия Береговых систем при Международном Географическом союзе (CCS IGU) и Международная Программа геологической корреляции ЮНЕСКО (IPGC UNESCO) стали собирать информацию о точных инструментальных измерениях скоростей абразии и деформаций аккумулятивных форм на берегах приморских стран. Эта работа ставила своей целью определить, как современные изменения климата и активизация повышения уровня Мирового океана могут повлиять на состояние берегов. Члены и члены-корреспонденты CCS IGU присылали соответствующую информацию председателю Commission of Coastal System. В обработке этой информации принимал участие автор данной статьи, который в 1976 г. был избран референтом Комиссии от СССР. В течение этих же лет по программе АН СССР автор совершил картографирование берегов ряда морей — Азовского, Белого, Баренцева, Чукотского, Охотского, Берингова, Японского. Весь полученный материал, а также данные других исследователей, позволили подсчитать длину абразионных участков в береговой зоне морей и океанов. Если исходить из материалов кафедры геоморфологии МГУ (СССР) и принять длину береговой линии Мирового океана равную 777 тысяч км, то деструктивные абразионные берега занимают 47-48 % (365,19 тыс. км) от приведенной длины. Часть исследователей категорически не признавали материалы CCS IGU и IPGC UNESCO и полученные на их основании результаты. Поэтому они мощной хваткой держались за первичные оценки абразионного сноса, но вместе с тем собирали необходимый материал [12].

Тем не менее, по мере детального картографирования берегов ряда морей и определение скоростей абразии клифов разных типов различными методами накапливались о них данные. На этой стадии приоритетными были определения скоростей и литодинамических функций абразии [1, 14, 15, 20]. Затем значительное внимание было уделено определению соотношений между сносом осадочного материала отдельно с клифа и отдельно с бенчей. Причем, брались во внимание как прямые, так и косвенные способы оценки. И хотя авторы [5] очень серьезно взялись за численное определение флювиального и абразионного источника осадочного материала, даже воспользовались новыми данными, однако, заключили, что еще в течение 80-90-х годов абразионный источник не был оценен. Поэтому, убоившись авторитета А. П. Лисицына и его последователей, они приняли оценку 1,0 млрд т/год.

Как известно [1, 4, 18, 24], берега Мирового океана подвержены влиянию разнообразных физико-географических условий — геоморфологических, геологических, гидрогеологических, океанологических, биологических и др. Поэтому была предпринята попытка классифицировать их по геолого-литодинамическому и морфолого-динамическому признакам [16]. Учитывалась специально разработанная классификация горных пород по степени сопроти-

вляемости абразии (использовалась величина крепости пород на одноосное сжатие,  $\kappa\Gamma/\text{см}^2$ ). В качестве отдельного типа выделена группа абразионно-денудационных берегов, которая наиболее динамична в условиях активного физического (морозного) выветривания (Шпицберген, Фенноскандия, Канадский архипелаг, Северная Земля, южная часть Новой Зеландии и др.). Учитывая длину таких береговых склонов и вертикальные потоки осадочного материала (по А. А. Ключину) на них, сложенных скальными породами, надо считать обычными большие массы разноразмерных обломков породы, сносимых в береговую зону. Именно такой материал идет на построение многочисленных гравийно-галечных кос, баров, пересыпей на полярных и субполярных берегах, согласно Д. Г. Панову, М. М. Ермолаеву, Ю.С. Долотову, Т. Н. Морошкиной, Д. Х. Уокеру, Ж. К. Дионну, С. Б. МакКэну. А коренные поверхности постепенно приобретают черты стрендфлэта и «гладких» поверхностей склонов, затем постепенно выколаживаются. При этом не нужно участия и сильного влияния морских волн, поскольку основная часть скального дебриса от подножья береговых склонов удаляется морскими припайными льдами с установлением положительных температур воздуха и воды. Данный характер сноса обломков с береговых склонов весьма существенный, если учесть очень большую длину абразионно-денудационных клифов в условиях влияния сильного физического выветривания. Так, длина берегов только одной Канады достигает 250 тыс. км, из которых чуть более 35 % ( $\approx 90$  тыс. км) испытывают активное разрушение.

Первые публикации с подсчетами количества осадочного материала, сносимого в береговую зону из клифов разных типов на основании новой информации, относились к отдельным морям. Вначале появились оценки по берегам Балтийского моря (1974), затем — по береговой зоне Черного и Азовского морей (1975). Были выполнены работы на берегах Чукотского и Берингова морей, чуть позже — Охотского, Японского, Баренцева и Северного морей. Такие подсчеты сопровождалось значительными разработками многих сопутствующих вопросов. В частности, была разработана классификация горных пород по степени сопротивляемости абразии, литодинамическая схема абразионного процесса, уточнено расположение и распространение морских берегов разных типов, а также определены скорости истирания наносов, состоящих из различных горных пород. Автором были выполнены оценки соотношения между количеством осадочного материала из клифов и с бенчей.

Все это позволило уже в 1979 г. появиться результатам исследования сноса осадочных пород из клифов и бенчей. Опубликованные данные вызвали живой интерес на XI Конгрессе ИНКВА [14, 15], а также на заседаниях 5-й (1982) и 6-й (1984) Всесоюзных Школ по морской геологии АН СССР. Подсчеты по данным нового материала показали прежде всего огромные массы исходного осадочного материала, сносимого с абразионных форм прибрежно-морского рельефа. После анализа результатов исследования берегов ряда морей, полученные ранее значения абразионного сноса были откорректированы. Уже

в монографію [16] попали гораздо бoльшие величины, которые в сумме составили 10,8 млрд т/год в среднем за многолетний период. Со стороны ряда исследователей (Г. А. Сафьянова, Ю. А. Павлидиса, Г. И. Рычагова, В. С. Медведева), в том числе морских геологов и океанологов, данная непривычная цифра вызвала резко выраженное неприятие, а этот результат был назван «невероятным».

Однако уже в 1993 г. Н. А. Айбулатов и Ю. В. Артюхин [1] приходят к выводу, что под влиянием абразии в береговую зону Мирового океана поступает не менее 10 млрд т/год в среднем за многолетний период. А в 1991, 1994 и 1998 гг. уже в работах А. П. Лисицына и Е.М. Емельянова наконец-то подчеркивается, что в глубоководной части морей и океанов за пределами береговой зоны («первого барьера») происходит отложение менее 40 % всего терригенного осадочного материала, который мобилизуется в океан с континентов и островов речными артериями. Остальное количество ( $\geq 60\%$ ) остается на побережьях, в пределах первого (седиментационного) барьера Мирового океана [4, 9]. При анализе развития речных дельт и приливных осушек на побережьях Арктических Евразии [6] и Северной Америки [24] оказалось, что в исследованных устьях рек происходит аккумуляция 50-85 % флювиального терригенного материала. А уже во время первого десятилетия XXI столетия А. П. Лисицын и его соавторы пишут, что лишь 8 % речных наносов достигает океанической абиссали. По сути признается, что «барьерный эффект» оказался гораздо более сильным, чем ранее представляли себе океанологи, а недостаток масс осадков на дне должен компенсироваться дополнительным количеством осадочного материала. Этот эффект включает в себя и литодинамическую способность береговой зоны, т.е. способность производить собственное, автохтонное количество осадочного материала. Как видим, с появлением новой информации исследователи Мирового океана получали более точный и обширный исследовательский материал о развитии устьев рек и абразионных процессов на побережьях Мирового океана.

Следовательно, сегодня исследователями пока еще и далее проводится обсуждение стока речных наносов, с одной стороны, и сноса осадочного материала с клифов и бенчей в береговой зоне, с другой стороны. Сегодня соотношение этих источников вызывает наибольший интерес со стороны исследователей. Что касается поступления в береговую зону и в глубокие области морей и океанов осадочного материала из других источников, то пока еще этот вопрос видится не столь актуальным. Хотя, в условиях современных изменений климата на Земле, по всей видимости, назрела необходимость выполнить ревизию и других источников (эоловых, вулканогенных, ледовых, биогенных, хемогенных). Но это тема другой работы, другой статьи.

*Реки как источник терригенного осадочного материала.* Распределение речных устьев основных рек и несколько регионов с наиболее существенным накоплением осадочного материала на побережьях представлены на рис. 1.

Начиная от первых систематических расчетов, выполненных Ф. Кьюненом, Д. М. Колеманом, Ф. П. Шепардом, А. П. Лисицыным, Г. А. Сафьяновым, Дж. Х. Уокером, Е. М. Емельяновым, Ю. А. Павлидисом и другими морскими геологами и океанологами, в научной литературе укоренился результат, согласно которому из рек в открытый океан проникает 15,5-21,3 млрд т/год первичных осадков в среднем за многолетний период. Эти авторы учитывали результаты инструментальных измерений стока наносов, но далеко не всегда на конечном устьевом створе. Большинство измерительных гидрометрических створов и водомерных постов располагались в десятках и даже в сотнях километров от устьевого створа. Но даже и в этом случае между измерительным створом и морем находятся широкие поймы и устьевые области рек. Так, например, Ч. Р. Колб, Нгуен Ван Кы и В. К. Дорнбуш при анализе стока наносов в р. Меконг указывают, что между гидрологической станцией и вершиной дельты на расстоянии почти 120 км на пойме перед дельтой аккумулируется значительное количество взвешенных наносов во время половодья. Поэтому всегда существовала опасность значительного завышения количества взвешенного и влекомого аллювия при впадении рек в море. В итоге появился результат, по которому сток речных наносов превзошел абразионный сброс в береговую зону в 35-60 раз. Следует заметить, что расчеты, выполненными разными авторами, являются весьма трудоемкими, требуют большого количества новой информации, да и не каждый ученый ставит перед собой соответствующую задачу. Поэтому большинство авторов регулярно заимствует данные расчеты из работ предшественников, особо не вдаваясь в подробности и «технология» получения результата.

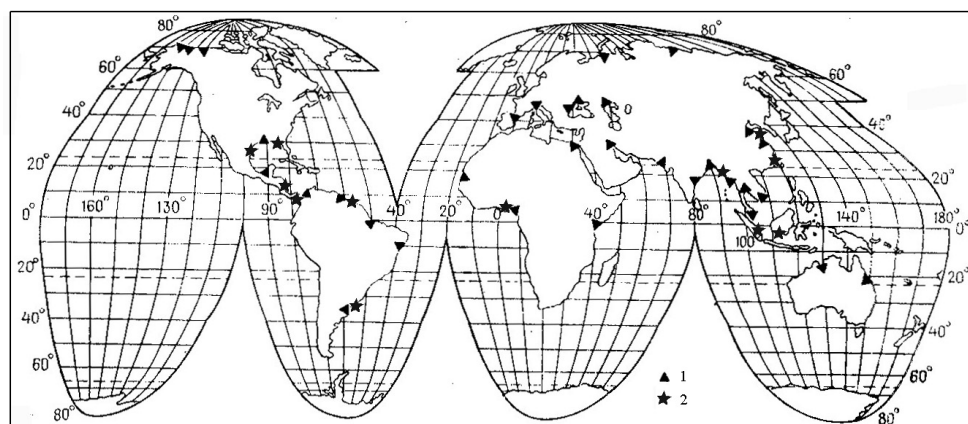


Рис. 1. Географическое распределение устьевых областей основных рек Земного шара. 1 — устья рек; 2 — области наиболее сильного накопления флювиальных наносов на морских побережьях

После публикаций названных авторов появились новые, более совершенные данные инструментальных исследований. Ведь те десятки и сотни км, которые наносы в руслах преодолевают до моря, сопровождаются отложениями речного аллювия. Эти отложения формируют узкие и широкие, низкие и высокие поймы. Но самые ощутимые изменения связаны с судьбой наносов в устьевых областях. Недаром еще в 40-х годах XX столетия И. В. Самойлов обращал внимание исследователей, что в дельтах рек обычно задерживается порядка 50 % всех речных наносов, которые не выходят за рубеж свала глубин на взморье. Поэтому уже тогда было ясно, что между количеством наносов в реке и количеством, уходящим в море, лежит огромная дистанция. Однако, А. П. Лисицын, Н. А. Лисицына, Н. А. Алексеев, О. К. Леонтьев, Г. А. Сафьянов, Ю. А. Павлидис, Ю. П. Хрусталеv и др. все-таки не обратили должного внимания на данное предупреждение [7, 12]. Эти авторы сравнили массу речных наносов, которая попадает в море, со скоростями осадконакопления на дне океанов и морей, с мощностью донных осадков и скоростями денудации на суше. Если скорости седиментации и скорости денудации отражают сток речных наносов, при очень небольшой массе абразионного исходного осадочного материала и других источников, то это значит, что в природе Мирового океана в общем установился седиментационный баланс.

Установился ли такой баланс?

После появления результатов исследований Ю. Д. Шуйского [14, 15], получившего в распоряжение практически всю информацию Комиссии Береговых систем, оппоненты стали более внимательно относиться к процессам в береговой зоне моря. Прежде всего они увидели, как много аллювиальных наносов остается на побережье и за его пределы не выносятся. В качестве примера может быть приведена схема устьевой области р. Сан-Франсиску на Атлантическом побережье Бразилии, одной из крупнейших рек Южной Америки (рис. 2). Накопление речного осадочного материала происходит и на других побережьях. Так, в Азово-Черноморском бассейне в дельте Дуная остается более 70 % наносов различного состава, в дельте Кубани — почти 75 %. Также в Днепро-Бугском лимане и в дельтах остается около 90 % массы наносов из Днепра и Южного Буга. Чуть больше 65 % исходного аллювия перехватывают дельты Кизыл-Ирмак и Ешиль-Ирмак. На Средиземном море устье реки Кючук-Мендерес, длиной 8 км и шириной долины 4 км, полностью заполнилось речными наносами в течение 2500 лет. В устье Миссисипи накапливается в среднем 77 % наносов, в дельтах Ориноко, Нигера, Иравади и Хуанхэ — более 75 %, а в устье Енисея — до 72 %. При анализе развития речных дельт и приливных осушек на побережьях Арктической Евразии [6] и Северной Америки [24] оказалось, что в исследованных устьях рек происходит аккумуляция 50-85 % флювиального терригенного материала. Ярким примером выступает накопление речных наносов в составе дельты реки Сулак на побережье Каспийского моря. За период с 1863 по 1990 гг. дельта много раз перестраивалась,



протянулась на северо-восток и выдвинулась в море почти на 4 км и вдоль фронта около 13 км (рис. 3). Список примеров можно продолжить [6, 13, 23]. Но даже приведенные примеры указывают на типичность накопления речных наносов в дельтах, и на это указывает также определение понятия «дельта» (форма рельефа, сложенная речными наносами).

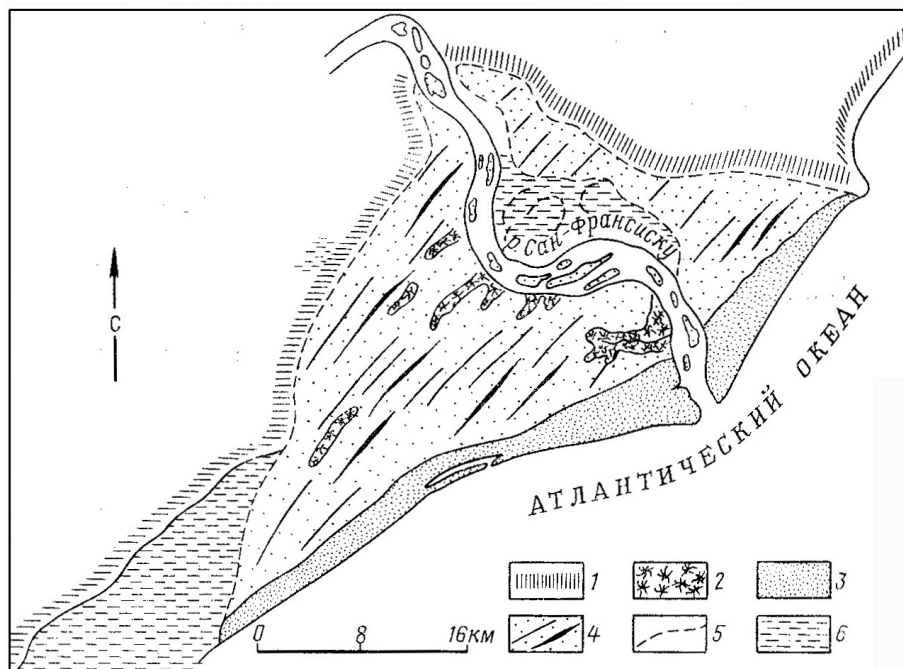


Рис. 2. Схема строения устья р. Сан-Франциску. Основные фации осадконакопления: 1 — континентальная высокая равнины; 2 — маршей, с зарослями мангров; 3 — береговых эоловых дюн, гребней и бугров; 4 — береговых волноприбойных валов; 5 — русловых и дельтовых отложений; 6 — низкой поймы

Примерно с такой же интенсивностью современный речной аллювий накапливается в тех районах, где количество волновой энергии береговой зоны не может переработать всю массу поступающего материала, пусть даже очень небольшую. Такие условия сложились в бухтах и малых заливах. Скажем, во фьордах Скандинавии, южной части Южной Америки и тихоокеанского побережья Северной Америки 50-55 % стока наносов из малых рек обеспечивают скорости осадконакопления в среднем  $\leq 1-4$  мм/год. Так, например, А. С. Ионин, В. С. Медведев и Ю. А. Павлидис [5] обнаружили значительные скорости осадконакопления во фьордах Новой Земли — до 1-2 мм/год, а в вершинах — даже до 90-100 мм/год. Это происходит при том, что в этих заливах до 6 месяцев в году акватория покрывается льдом. Но малые реки, вскрываясь,

выносят осадочный материал в вершину этих заливов бурными мутными потоками. Даже возможно образование небольших дельт, особенно во фьордах Чукотского п-ова, Баффиновой Земли, Исландии и южной части Гренландии. Этими исследованиями подтвердились выводы П. А. Каплина, который исследовал фьорды в конце 50-х годов XX века.

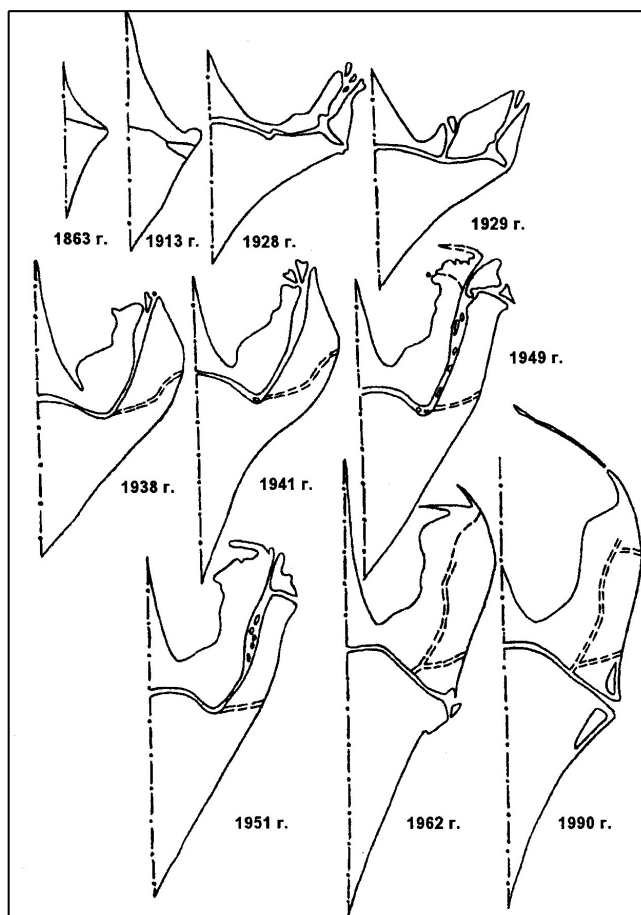


Рис. 3. Схема динамики береговой линии и русел дельты реки Сулак на Каспийском побережье в течение 1863-1990 гг. (по М. В. Михайловой)

Например, значительную часть наносов из небольших рек перехватывают рiasовые бухты Приморья и Корейского п-ова на побережье Желтого моря. По многолетним исследованиям [10, 11, 16] оказалось, что различные бухты заполняются с разной интенсивностью. За период голоцена в исследованных закрытых бухтах осадочный материал из малых рек и временных водотоков накапливался со средними скоростями от 0,6 до 13,5 мм/год в условиях муссонного климата, причем, медленнее — в бухтах Приморья. Аналогично, но в

полузакрытых бухтах, скорости седиментации были равными 0,2–3,6 мм/год, а в открытых бухтах — 0,25 мм/год. Аналогичные скорости были обнаружены И. Асенцио-Амором, Х. М. Гомесом, М. Грахалом, Ф. Виласом на Атлантическом риасовом побережье Испании (Пиренейский п-ов) — от 0,2 до 6,0 мм/год. Как можно видеть, бухтовые берега способны перехватить большую часть речных наносов малых рек с постоянным стоком даже в условиях влажного климата. Конечно, «осветленные» водотоки Скандинавии, Кольского п-ова, бассейна Лабрадорского залива не способны обеспечить столь сильную аккумуляцию на бухтовых побережьях.

Более высокой является интенсивность аккумуляции наносов из малых и средних рек на дне лиманов и лагун, в том числе соединенных с морем провами. Практически весь осадочный материал, приносимый реками, отлагается на дне лагун на побережье Сахалина и на западном побережье Камчатки (Охотское море). В течение верхнего голоцена скорости осадконакопления там равны от 0,42 до 1,65 мм/год [2, 3, 6]. На Азовском побережье в лагуне Сиваш («Гнилое Море») средняя скорость осадконакопления равна  $\approx 2$  мм/год. В лиманах на северном побережье Черного моря между устьями Днестра и Дуная остается весь аллювий малых рек, а скорости осадконакопления составляют 0,4–2,6 мм/год за минувшие два столетия. Хотя в лагуну Мобил на Мексиканском побережье США из рек поступает 4,26 млн т/год в среднем за многолетний период, но через прорву в Мексиканский залив попадает только 1,3 млн т/год, т.е. 30,5 %. Остальные 69,5 % массы осадочного материала вод Мексиканского залива не достигает. Приморские лагуны штата Техас (Мадре, Джемс, Галвестон, Матагорда и др.) заполняются речными наносами еще интенсивнее — до 11 мм/год, что соответствует перехвату до 80 % всех наносов. Такая же ситуация и у других лагун. Например, лагуна Лавака накапливала речной осадочный материал мощностью в среднем 41–45 см в течение 100 лет [12, 13]. Аналогичная интенсивность заполнения речными наносами прослежена и в лагунах восточного побережья США — в Памлико, Албамарл, Сент-Марис, Туртл, Вассоу, Шрэусбэри и др. В общем, анализ процессов седиментации дает возможность утверждать, что Мексиканское и Атлантическое побережья Северной Америки представляют собой один из величайших очагов перехвата терригенных осадочных продуктов денудации и речной эрозии на пути с суши в глубокие области Мирового океана, за пределы его береговой зоны (рис. 1).

Согласно исследованиям З. Мадуна, дельты, лагуны и лиманы на побережье п-ова Малакка являются ловушками илистого осадочного материала из полноводных рек. По С. Онгкосонго, на берегах Зондских островов (Калимантан, Суматра, Ява, Тимор, Новая Гвинея и др.) доминирует отложение илистого материала, как например, в сложной многорукавной дельте коротких рек Кунтул-Гембонг-Мати-Гайя береговая линия нарастает со средней скоростью около 9,6 м/год в течение верхнего голоцена. Механизм этого процесса такой же, как и на приморской равнине восточного побережья Малайского п-ова, а

также в устьевых областях Хуанхэ, Красной, Ориноко, Нигера. Более 60 % аллювиального осадочного материала аккумулируется в устьях рек на побережье Северной Америки, — Кускоквим, Юкон, Кобун, Коллвилл, Маккензи и др. [24]. Одна из многоводных рек Малайского п-ова, р. Хари имеет сложную разветвленную дельту, а огромная масса флювиального материала почти за 120 лет образовала дельтовую равнину, шириной до 6,5 км (рис. 4) Подобный процесс известен и на берегах Албании, где береговая равнина наращивается множеством полноводных малых рек — Буны, Дрина, Семани, Шкумбини и др. [5, 19]. Множество малых рек, с очень высокой денудационной способностью, впадают в многочисленные лагуны и лиманы на вьетнамском побережье Южно-Китайского («Восточного») моря. Практически весь осадочный материал эти реки оставляют в приморских озерах и заливах [9, 10]. Географические исследования М. Коллинса, Ю. Шуйского, Вань Ин, Жу Да-куня и др. показали развитие берегов в заливе Бохайвань, Желтое море. Здесь под влиянием твердого стока рек Хуанхэ, Ляохэ, Туханхэ, Луаньхэ, Сихэ и прочих сложился один из крупнейших в мире очагов современного накопления илисто-песчаных осадков флювиального происхождения (рис. 1). Зона консервации этих осадков обычно составляет вдоль берега ширину до 3 км, а максимум — около 18 км, при среднем уклоне подводного склона  $\leq 0,001$ . Скорости осадконакопления чаще всего лежат в пределах 25-35 см/год при максимальной ширине исследованных осушек  $\leq 4$  км в заливе Бохайвань, Желтое море.

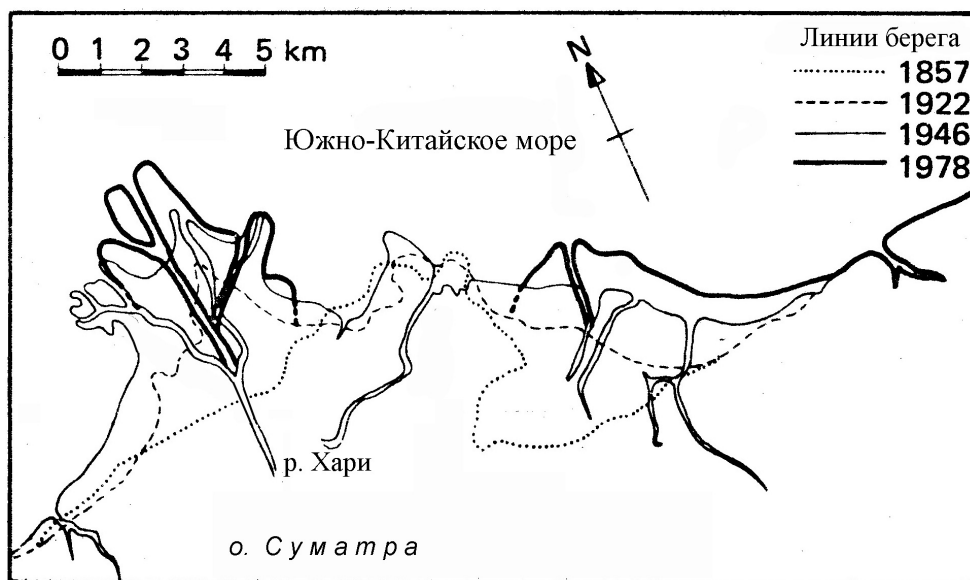


Рис. 4. Динамика береговых линий в районе устья р. Хари на северо-восточном побережье Малайского п-ова, Южно-Китайское море (по З. Мадуну)

С не меньшей интенсивностью современный речной аллювий накапливается в крупных лагунах (Донгане, Завора, Кисико, Сибайя, Сент-Люсия, Млатузи) на побережьях Мозамбика и Южной Африки [22]. Они расположены преимущественно в Зулулэнде на Индоокеанском побережье ЮАР и на побережье Газа-Инъямбане в южном Мозамбике. По данным Дж. Бегга, Б. У. Флеминга, А. Р. Орма, Б. Дж. Хилла, особенностью этого побережья является наличие значительных «фильтрационных» болот на низкой приморской равнине, примыкающей к лагунам. И когда начинаются паводки, особенно значительные, например на реках Сангутане, Люсия и Млатузи, то мутная вода рек превращается в осветленную за счет отложения взвеси на горизонтальной поверхности «взтландов».

Учитывая изложенное, четко установленная закономерность говорит о громадных массах осадочного материала, который остаётся в малых и больших дельтах, в том числе внутри лагун и лиманов, закрытых и полузакрытых бухтах. Там он консервируется, а в глубоководные области дна морей и океанов не сбрасывается. Сегодня значительная часть авторов склоняется к выводу о том, что в дельтовых устьях задерживается 70-80 % твердого речного стока. Но устьевые области бывают не только дельтовыми. Значительную часть длины берегов Мирового океана занимают также эстуарии, ветровые и приливные осушки. Очевидно, что следует рассмотреть и эти береговые системы как важный элемент берегового «седиментационного барьера» Мирового океана [1, 4, 16]. Похоже, что с поверхности материков и островов процессами денудации сносится намного больше осадочного материала, чем отлагается на дне Мирового океана за пределами побережий.

*Эстуарии и приливно-ветровые осушки — ловушки наносов.* На современных морских побережьях эстуарии и приливные осушки чаще всего встречаются вместе. Такое единство обусловлено тем, что осушки формируются под влиянием приливных колебаний уровня, особенно четко — мезоприливных и макроприливных [6, 12, 13, 16, 17]. На очень отмелых неприливных берегах развиваются ветровые осушки, которые также способны вырабатывать пологие поверхности берега, затапливаемого во время штормовых нагонов [21]. В их развитии существенную роль играют морские льды, причем, на различных стадиях развития.

В классической береговедческой и геоморфологической литературе в качестве яркого примера обычно описываются осушки в устьевой области Ганга-Брахмапутры в вершине Бенгальского залива [8, 13, 23]. Здесь, по данным Е. Ахмада и С. К. Гупты, происходит самая сильная аккумуляция речных наносов на приливных осушках побережья Мирового океана в течение верхнего голоцена. Обе реки выливают в океан около 3,5 млн  $\text{фт}^3/\text{сек}$  воды и сносят более 1,5 млрд т/год терригенной взвеси. В отличие от ряда других районов, в вершине Бенгальского залива тип осушек является смешанным, — ветро-приливым. Обычные значения величины прилива составляют 2,84-3,64 м. Но во время ве-

тровою дійства юго-западного муссона уровень может повыситься на 7 м выше ординара. При этом нагонный уровень может проникнуть на 100-120 км от условного морского края дельты. В интервале глубин 0-4 м скорость накопления наносов может быть 1-2 м/год, а береговая линия может выдвигаться в залив со скоростями 90-135 м/год.

Исследования Д. Х. Уокера, О. Х. Пилки, С. П. Литермана, Ш. Пенланда, Л. П. Мальброу показали весьма широкое распространение осушек на побережьях Северной и Южной Америк. Различные скорости осадконакопления бывают на разных типах осушек и эстуариев: в устьях рек, на островах при поступлении илов, в условиях скопления большого количества осадочного материала под влиянием талых вод на вулканических побережьях, при гашении волн растениями, но особенно интенсивно — в лагунах, бухтах и заливах. Согласно данным Ф. Виласа, во время исследования осушек в полуоткрытом заливе Сан-Себастьян в южной Аргентине при величине прилива от 3,2 до 10,4 м ширина осушки может быть до 8 км. В верхнем голоцене в заливе средняя скорость осадконакопления равна 0,36 м/100 лет, а максимум 0,84 м/100 лет. На многих илистых осушках распространены чениеры [13, 17, 23]. Скорости до 1,0-1,2 м/100 лет выявлен в эстуариях Демерара, Сан-Франсиску, Ла-Плата, Эссекибо, Магдалена, Марони, Уайни, Гера. Со средними скоростями 1-5 мм/год накапливается речной материал в лагунах и на осушках Центральной Америки.

На Мексиканском побережье Тихого океана особенно интенсивно процесс аккумуляции происходит в лагунах Кайманеро, Пальмито, Пальмито дель-Верде, Агуа-Брава, Куютлан, Суперьор, Инферьер, Мар-Муэрто. В этом же регионе Центральной Америки, но уже с Атлантической стороны, стекающие с горных хребтов между Сьерра де ля-Эсперанса на севере и лагуной Чирики на юге речные потоки (реки Мопан, Патука, Карата, Кукалая, Куринуас и Патч, Рио-Гранде-де-Матагольпа, Рио Эскондидо, Индио, Ревентасон, Матина, Чангинола и др.) образуют крупные дельты и эстуарии либо непосредственно на морском берегу, либо в многочисленных лагунах (Брус, Каратаска, Бисмуна, Перлас, Венадо, Тортугас и др.). Эти образования представляют собой благоприятный субстрат для мангровой растительности, которая также способствует накоплению наносов. Снос осадочного материала имеет лавинный характер под влиянием доминирования химического выветривания, ослабленного волнового влияния Карибского моря, крутых склонов гор и нормы атмосферных осадков, равной 2000-4000 мм/год, а в восточной части Никарагуа — даже более 6500 мм/год в среднем за многолетний период. Да и вся береговая равнина на территории Белиза, Гондураса, Никарагуа и Коста-Рики является результатом отложения наносов из речных артерий и временных водотоков. Все они представляют собой разные типы и формы накопления наносов, в том числе — и песчаных, а не только илистых (рис. 5). Речные отложения могут смешиваться с морскими, образовывать формы разных контуров и мощности.

Особенно крупными очагами сноса осадочного материала от денудации суши на южном побережье Карибского моря считаются устьевые области эстуариев Магдалена, Сину и Аtrato. Их наносами активно заполняются обширные осушки в заливах Санта-Марта, Марраскильо и Ураба. Здесь широко распространены мангровые заросли. Поражают своими размерами марши и осушки в устье р. Аtrato. Широкая межгорная котловина (между горными хребтами Дарьен-Баудо и Серрания де-Абибе), по которой заложилась долина реки, в течение верхнего голоцена заполнилась на площади, шириной 70 км и длиной 135 км. В своих работах С. Мизобе, Д. Х. Уокер и Ш. Ренланд называют мощность голоценовых осадков, равную по крайней мере 25-30 м. Это позволяет заключить, что средние многовековые скорости осадконакопления составляют от 2,7 до 3,3 мм/год. Кроме Аtrato, вершину залива и котловину заполняют наносы рек Турбо, Апартадо, Сунго, Чигородо, Леон, Рио-Суссио, Труандо, Салаки, Тонела и др. По интенсивности осадконакопления устьевая область Аtrato сравнима с устьем Ориноко.

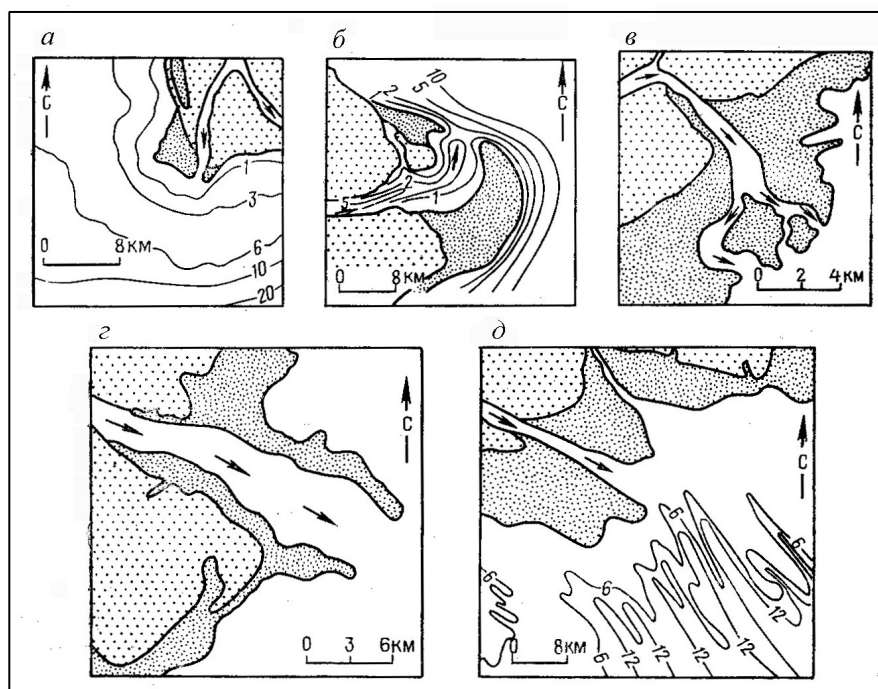


Рис. 5. Геоморфологические разновидности накопления наносов в эстуариях различных рек. Виды эстуариев: а — с охватом коренного острова; б — с отклонением под влиянием вдольберегового потока наносов; в — с образованием осушных островов; г — с выдвиганием илстых осушек по краям потока; д — нарастание устья в условиях влияния сложного подводного склона (по Дж. М. Колеману)

Громадныя масы аллювія задержваюцца на берагах Карыбскага мора, а ў глыбокія абласці дна не поступаюць. Па даным С. Мизобе, Г. Денго, Д.Х. Уокера, М. Л. Шварца, Ш. Пенланда, К. Хельбига, Р. Х. Ромни і др., скорості асадкапаплення на осушках складаюць ад 0,5 да 4,0 мм/год, а, напрыклад, морскай край дельты Беліз, Улуа і Коко нарастаюць у сярэднім на 5-15 м/год. Паказателныя даныя ісследований К. Ф. Уонтланда і У. С. Пусэя на паверхнасці шельфа Беліза і Гондураса. Эці аўтары абнаражылі почти во всех отобранных пробах донных осадков доминирование карбонатов — вещества разрушаемых коралловых рифов. Аўтары рассматривают такой результат как доказательство резко ослабленного сноса терригенного материала с суши, хотя денудационный поток осадков является лавинным.

Аналогичный обзор результатов исследований приливных осушек и эстуариев на побережьях Европы сделал Д. Эйсма (Тахо, Сена, Луара, Маас, Темза, Эльба). Он разделил приливные осушки и эстуарии по значениям величины приливов. Как и В. П. Зенкович, В. С. Медведев, П. С. Чехотин, этот автор отнес к типу 1 осушки с действием величины прилива  $\leq 2$  м («микроприливные»), к типу 2 — осушки с величинами прилива 2-4 м («мезоприливные») и к типу 3 — с величиной  $\geq 4$  м («макроприливные»). Как вывод, Д. Эйсма утверждает, что максимальные скорости аккумуляции алеврито-илистого материала присущи осушкам типа 3. Среди других, этот автор выделяет барьерные свойства Дуная, Дрины, По, Роны, Тахо, Дуэро, Жиронды, Луары, Темзы, Рейна-Мааса, Эмса, Вэзера, устья которых задерживают больше половины речных наносов на их пути к морю. Особенно крупным очагом аккумуляции речных наносов на пути в Северное море он считает Внутреннее Немецкое море. Не составляет исключения также и побережье Арктических морей, особенно Восточно-Сибирского, Чукотского и Бофорта. Здесь особенно интенсивно улавливают речные осадки лагуны морей Бофорта и Чукотского. Пониженным сносом осадочного материала характеризуются побережья Баренцева и Норвежского морей [5, 6].

На побережьях полуострова Корея обширные многолетние исследования провела группа физико-географов: Х. Йоо, С. Ли, Б. Чой, К. Канг, Лин Пен. Они работали в эстуарии р. Кеум на протяжении около 40 лет. Используя прямые измерения и данные вибропоршневого зондирования в основных эстуариях п-ова Корея (устья рек Ханган, Асанман, Кымган, Сомджинган, Нактонган и др.) и на осушках заливов Тэбухэ, Пуанман, Чхонман, Чульпхومان, Хампхёнман, Посонман, Чинхэман и ряд других, они указывают на скорости осадконакопления, равные десяткам дм/1000 лет (до 2,4 м/1000 лет). Это несколько больше за счет более крупных рек, больших значений модуля стока (до 50-60 л/сек·км<sup>2</sup>) и большего количества атмосферных осадков (от 1100 до 1600 мм/год), чем на побережье Приморского края России. Перечисленными авторами составлены соответствующие карты. Аналогичные скорости указывает Ху Си-мин в эстуариях рр. Ялуцзян, Миньцзян и Ханьцзян (Китай).



Большая группа китайских исследователей из Института эстуариев и морских берегов в Шанхае (Чен Джи-ю, Ван Бао-кан, Чен Рон-хуа, Си Кин-чун, Ли Бо-ген, Си Сяо-мин, Чен Бань-лин, Си Дон-синь, Ян Гуо-пин и др.) работала вдоль берегов Китая, длиной 32 тыс. км. Значительно меньше, 18 тыс. км ( $\approx 56\%$ ), занято приливными осушками разных типов: каменистых, песчаных, алевритовых, пелитовых, эстуарных илистых. По Фэн Зи-ану, абсолютно доминируют приливные осушки, в том числе в речных эстуариях. Обширные исследования роли растительности в развитии илистых осушек на приливных берегах выполнил Жун Чунг-синь, особенно — с травами *Spartina anglica* и *Spartina alterniflora*. Натурные эксперименты в течение 30 лет дали ему возможность определить, что заросли морской травы обеспечивают рост скоростей осадконакопления в среднем до 10-15 см/год (при крайних значениях 1,6-44,1 см/год) за счет гашения энергии волн и течений береговой зоны Восточно-Китайского и Желтого морей.

В работах Ван Бао-кана, Чен Бань-лина, Ян Гуо-пина были изложены результаты изучения илистых осушек на протяжении 4000 км. Ширина осушек может быть от 2 до 20 км (абсолютный максимум 32 км). Особенно долго и тщательно исследовались эстуарии Янцзы, Фучунцзян, Линьхун, Чжанцзян, Фуаньцзян, Хуайхэ, Хумынь, Шаньтоу, Миньцзян, с которыми связаны обширные площади осушек и ваттов. В общем на исследованном побережье осушки стали барьером для  $\approx 2$  млрд т/год речных наносов. Особое внимание авторы уделяют закономерности, по которой, чем больше наносов выносятся реки, тем больше их аккумулируется в эстуариях (Чен Джи-ю и Ян Гуо-пин). На побережьях Китая, как в Корее, в Малайе, в Индонезии, Бангладеш, Центральной Америке, абсолютно преобладают аккумулятивные илистые берега. В этих странах, где выпадает более 2000 мм/год атмосферных осадков, многочисленные густо расположенные малые реки поставляют на порядок величины больше наносов, чем одна-две крупные реки. Соответственно, широко распространены мангровые заросли. Как и на мангровых берегах п-ова Малайя (рис. 4), быстро формируются илистые осушки и приморские низменности на островах Зондского архипелага. Например, на южном побережье о. Калимантан в пределах сложной дельты р. Кипунегара за 113 лет берег дельты вырос почти на 7,5 км, т.е. в среднем до 65-70 м/год (рис. 6). Эта скорость близка скоростям нарастания относительно небольших устьев рек и илистых осушек на побережьях Центральной Америки, Юго-Восточной Африки, Бенгальского залива, Гвинейского залива, Северо-Восточной части Южной Америки и др. И хотя размеры этих рек значительно уступают размерам рек-гигантов, но «барьерный» эффект их не уступает по мощности.

В 1989 г. в Китае (г. Шанхай) исследователи различных стран, согласно доложенным материалам, пришли к выводу, что эстуарии, ветровые и приливные осушки на побережьях Мирового океана перехватывают до 70-80 % твердого стока тех рек, которые образуют данные эстуарии и прилега-

ющие осушки. В этой связи нельзя не согласиться с одним из крупнейших исследователей эстуариев Г. А. Сафьяновым [12], который замечает (стр. 210): твердый сток всех рек, впадающих в эстуарии, практически полностью задерживается в береговой зоне моря. И далее продолжает: «Скорости осадконакопления в пределах эстуарных акваторий в 1000–10000 раз превышают скорости осадконакопления в океане в среднем» (стр. 349). Если сделать пересчет, то ординарными оказываются скорости 1-10 мм/год. Однако, ряд авторов фиксирует и значительно более высокие скорости. И эти данные находим не только в книге Г. А. Сафьянова, но и в работах многих других исследователей. В этой связи у нас возникает недоумение: неужели «барьерный эффект» береговой зоны не вызвал интереса у автора [12] при расчетах баланса наносов? Странная близорукость. Видно, страсть к критике победила.

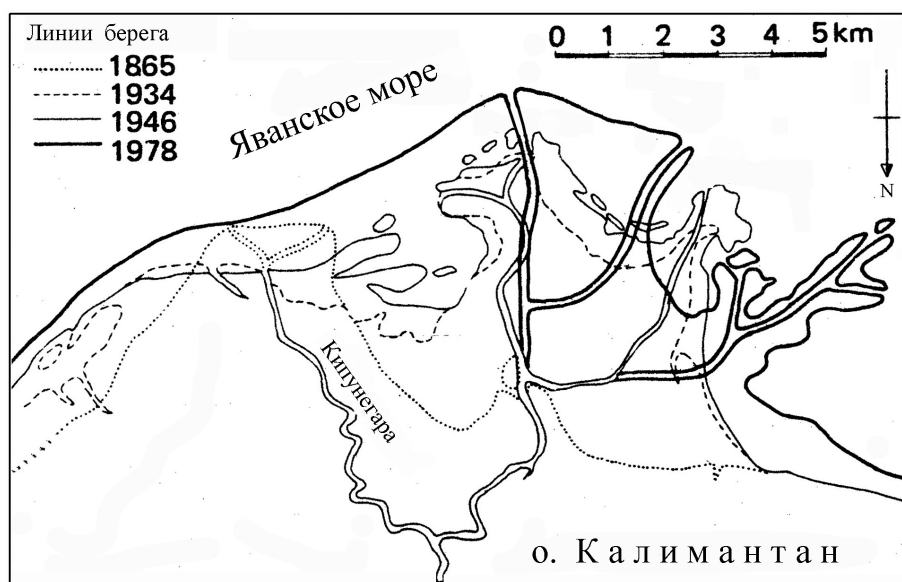


Рис. 6. Схема сложной устьевой области Китунегара на побережье Яванского моря, южная часть острова Калимантан. Линии берега показаны по данным съемок различных лет (показаны в левом верхнем углу) (по С. Онгкосоно)

Ведь уточненное количество флювиальных наносов, прорывающихся за пределы морского побережья, по сравнению с полученным ранее (4,5-5,0 млрд т/год, по [14, 15]), составляет 5,7 млрд т/год. Это количество, если все же прорвется сквозь седиментационный барьер в открытое море, может обеспечить только 1/3 часть всей массы терригенных донных осадков. Следовательно, необходим приход еще порядка 10-13 млрд т/год исходного осадочного материала. Ранее А. П. Лисицын, Н. А. Лисицына, Н. А. Алексеев, О. К. Ле-

онтьев и др., пришли к выводу, что сток флювиальных терригенных наносов с материков и островов в целом отражает массу материала от выветривания, водной эрозии и денудации. Она в целом соответствует массе в учтенном слое эрозии и денудации на суше. И все они соответствуют скоростям и массе накопления осадочного материала на дне морей и океанов, согласно [7]. Однако, если учесть способность активно задерживать громадные массы терригенного осадочного материала в различных ловушках на морских побережьях, то масса сносимого терригенного материала даже близко не соответствует массе современных осадков, которые отложились на дне Мирового океана. И конечно же, не может установиться баланс осадочного материала, близкий нейтральному. Что и было выявлено работами Ю. Д. Шуйского [14, 15] около 40 лет назад и вызвало неприятие большинства морских геологов и океанологов. Значит, названные геологи и океанологи совершенно неправильно увязали флювиальный снос на дно Мирового океана (на шельф, континентальный склон, глубоководное ложе и рифтовую зону). Терригенного сноса из рек в несколько раз меньше, чем массы донных осадков. Откуда же берется разница?

Можно пока что предполагать: часть донных осадков формируется за счет поступлений фораминифер, глобигерин, диатомей и др., т.н. «планктонного дождя». Но это биогенный источник. Что же касается терригенного материала, то других источников, кроме абразионного, найти невозможно.

*Снос осадочного материала с клифов.* В связи с изложенным следует получить данные о скоростях абразии и длине береговой зоны, занятой активными абразионными формами рельефа различных типов. Все расчеты производятся согласно методике, изложенной в работе [16].

Сегодня в литературе, в том числе и в публикациях автора, содержится достаточно данных о скоростях абразии клифов и бенчей разных типов, с разными размерами, с разными литодинамическими процессами, разной степенью распространения, разной прочностью слагающих пород [1, 2, 9, 12, 13, 15, 16, 18, 20]. Поэтому здесь целесообразно вспомнить результаты выполненных определений количества абразионного материала, поступающего в береговую зону из клифов и бенчей в пределах нескольких морей.

Для этого проанализируем табл. 1, в которой приведены некоторые литодинамические характеристики абразии. Для примера взято десять морей Северного полушария, у которых суммарная длина морского берега оказалась равной 73826 км. Эта длина составила 9,5 % от общей у Мирового океана. У взятых для примера десяти морей длина абразионных берегов в сумме составляет 6,63 %, или 24205 км, с которых сносится 777,22 млн т/год осадочного материала (0,78 млрд т/год). Такое соотношение можно оценить как такое, которое характеризует развитие весьма ослабленной абразии: количество наносов не пропорционально длине абразионных берегов. При такой длине количество наносов могло бы быть гораздо большим, если бы абразионный процесс был бы не столь слабым. Но даже взятый пример с относительно небольшой

интенсивностью сноса осадочного материала дал в сумме 0,78 млрд т/год твердого вещества. Эта цифра получена по результатам точных проверенных инструментальных измерений, с учетом геологического строения берегов, возраста и физико-механических свойств пород, типов выветривания, волно-энергетического потенциала береговой зоны, повторяемости и силы волнений, уклонов подводного склона, участия приливных и анемобарических волн и др. Автор рассматривает данные результаты как своеобразные полигонные, на сегодняшний день — наиболее реальные.

Таблица 1

**Результаты абразионного сноса осадочного материала в береговую зону ряда морей Северного полушария**

№№	Название моря	Длина абраз. берега		Абразионный снос, млн т/год	Часть ПЛО* наносов, %	КрН**
		км	% от общей			
1.	Азовское	420	22,6	14,95	11,5	х 8,4
2.	Балтийское	2223	20,1	27,82	47,1	х 6,2
3.	Баренцево	3849	37,6	74,23	27,8	х 30,0
4.	Белое	706	21,9	90,22	46,0	х 7,4
5.	Берингово	4724	34,3	231,40	54,2	х 2,6
6.	Северное	1019	24,0	25,61	37,9	х 4,9
7.	Охотское	5632	44,8	142,61	50,7	х 2,7
8.	Черное	2112	47,7	73,32	34,0	—
9.	Чукотское	793	24,7	5,808	12,3	х 11,5
10.	Японское	2827	33,8	38,17	32,9	х 3,10

Примечания: ПЛО\* — часть пляжеобразующих фракций в составе исходного осадочного материала; КрН\*\* — во сколько раз больше осадочного материала абразионного происхождения сносится в морей по сравнению со сносом флювиального материала.

Выше по тексту было показано, что значительная часть побережий Мирового океана является средой аккумуляции на пути сносимого в море терригенного материала. Эта закономерность относится также и к процессу абразионного сноса, при котором происходит интенсивная дифференциация осадочного материала и превращения его в наносы волнового и неволнового поля. На исследованных морях (табл. 1) наносы волнового поля остаются в береговой зоне в количестве 0,28 млрд т/год. Получается, что под влиянием волновой дифференциации абразионного материала в открытую часть исследованных морей (длина берегов 73826 км), с абразионных берегов этих морей, длина которых равна всего 3 % от длины в Мировом океане и 32 % от длины берегов данных

морей, выносятся 0,5 млрд т/год терригенных наносов неволнового поля. Это как раз то значение, которое Ю. А. Павлидис, В. С. Медведев, Г. А. Сафьянов, К. М. Шимкус и др. распространяли на берега всего океана. Как известно [5, 7, 12], морские геологи, геоморфологи и океанологи даже сегодня практически не допускают значение абразионного сноса в Мировой океан более 1,5 млрд т/год. И то, с существенными оговорками. Поэтому выходит, согласно таблице, что с 3 % длины абразионных берегов (вся полная длина 9,5 %) поставляется в Мировой океан целая многолетняя норма, согласно одной оценке, и 33 % нормы, если придерживаться второй оценки.

Очевидна нестыковка. Абразионные процессы в береговой зоне внутренних морей, занимающей всего 9,5 % длины берега, с ослабленным волновым режимом, в значительной мере блокированной льдами, могут поставлять в Мировой океан от 1,0 до 0,3 средних многолетних норм осадочного материала. Мы считаем, что это нереально: абразия должна быть минимум на порядок величины более продуктивной осадочным материалом. Значит, абразионный снос с клифов и бенчей в сумме должен превышать 10 млрд т/год. Это как раз то значение, которое было доложено и обсуждено на XI Международном конгрессе INQUA и было поддержано [15]. Позже к более сильному абразионному сносу, чем 0,5 млрд т/год, стали склоняться авторы [5], а затем оно было косвенно подтверждено исследованиями Н. А. Айбулатова и Ю. В. Артюхина [1]. Значительная часть соответствующих подсчетов абразионного материала содержится в работе [16], где использовалась количественная информация Комиссии Береговых систем при Международном Географическом Союзе.

В течение последних 15 лет нами проверялись и корректировались данные, изложенные в наших ранних работах. В итоге склоняемся к выводу о том, что под влиянием абразии клифов в береговую зону попадает 3,0-4,8 млрд т/год осадочного материала. В то же время абразия подводного склона Мирового океана дает от 5,0 до 6,0 млрд т/год терригенных осадков различного состава. Рамки значений обусловлены климатическими изменениями направлений и скоростей ветров в составе различных типов глобальной циркуляции приземной атмосферы. Поэтому минимальное значение абразионного сноса может быть оценено в 8,0 млрд т/год, а максимальное — в 10,8 млрд т/год.

При условии, согласно табл. 1, что седиментационный барьер береговой зоны задерживает наносы *волнового поля* в количестве в среднем 35 % от меньшего выноса (2,8 млрд т/год), в открытое море прорывается  $\geq 5,2$  млрд т/год наносов *неволнового поля*. Если же учесть наибольшее количество, то в открытое море может прорваться  $\leq 7,1$  млрд т/год в среднем за многолетний период наносов неволнового поля. Остальное количество частично задерживается седиментационным барьером береговой зоны, питает вдольбереговые потоки наносов и обеспечивает зарождение и образование прибрежно-морских форм рельефа и толщ наносов. Другая часть входит в состав прибрежно-морских, лиманных, лагунных, дельтовых, эстуарных, береговых эоловых отложений.

Именно поэтому на морских побережьях (в фациальных условиях первого барьера Мирового океана) развиты очень высокие скорости осадконакопления — на порядок—два больше, чем на шельфе [1, 3, 5, 9, 12, 21, 23]. Очевидно, что на пути флювиальных наносов к морю расположились эффективные препятствия-ловушки — дельты, лиманы, лагуны и др. Эти препятствия могут заполняться осадками во время штилей, легких волнений, сильных штормов, при стонах и нагонах, при приливах и отливах.

В то же время абразионные источники образуют осадочный материал во время штормовых погод. Грубоговоря, есть шторм — есть абразионный снос. Одновременно штормовые погоды производят механическую дезинтеграцию снесенного материала, его дифференциацию, питают вдольбереговые потоки и поперечные миграции наносов. Важно, что во время штормов включается сброс наносов из береговой зоны в подводные каньоны, формируются круговые течения с вертикальной осью и «вихри Лангмюра», компенсационные и разрывные течения, включается механизм «инъекции». На побережьях полярных, субполярных и части умеренных широт наносы «волнового поля» интенсивно удаляются в открытое море морским льдом [2, 16, 18]. Все перечисленные процессы способствуют, с одной стороны, накоплению наносов «волнового поля», а с другой — удалению наносов «неволнового поля». Излишек наносов «волнового поля», который превышает волно-энергетическую емкость береговой зоны, удаляется на участки разгрузки вдольбереговых потоков, где в прибрежно-морских фациальных условиях образуются формы аккумулятивно-го рельефа (бары, косы, пересыпи, террасы и их разновидности) [14, 16, 18]. В общем, как можно видеть, среднее поступление флювиального материала в открытую часть морей и океанов составляет 5,7 млрд т/год, а абразионного 5,2-7,1 млрд т/год, т.е. примерно поровну. В сумме эти источники могут поставлять в открытое море 10,7-12,3 млрд т/год. Эта масса составляет только около 55 % той, которая обеспечивается флювиально-денудационным сносом осадочного материала с континентов и островов.

## ВЫВОДЫ

1. На планете сформировалось несколько очагов перехвата речных наносов (Атлантическое и Мексиканское побережья Атлантики, вершина Бенгальского залива, побережья Андаманского моря, Дальневосточные побережья Охотского, Японского, Желтого, Восточно-Китайского и Южно-Китайского морей). В результате глубоководных областей дна Мирового океана (абиссалий) достигает 8 % осадочного материала, который мобилизуется на суше под влиянием выветривания и денудации.

2. Подсчеты ряда авторов показали: сток речных терригенных наносов с материков и островов в целом отражает процессы выветривания, водной эрозии и денудации. Масса наносов в целом соответствует массе в слое эрозии и денудации. И все они соответствуют скоростям и массе накопления осадочного материала на дне морей и океанов. Однако, разные ловушки осадочного материала

на морських побережжях образуют береговой седиментологический барьер на пути осадочного материала в океан.

3. Имеющиеся на сегодня данные достаточно обоснованно указывают на то, что порядка 70-80 % исходного флювиального материала из рек остается в дельтах, в эстуариях и на приливных осушках. Следовательно, большая часть терригенных частиц до глубоких областей морского дна не достигает. Полученный результат является одной из важнейших характеристик берегового седиментационного барьера Мирового океана. Абразионные источники осадков дают чуть более 30 % всей массы ( $\leq 12,3$  млрд т/год).

4) Среднее поступление флювиально-денудационного материала в открытую часть морей и океанов составляет 5,7 млрд т/год, а абразионного 5,2-7,1 млрд т/год, т.е. примерно поровну. В сумме эти источники могут поставлять в открытое море 10,7-12,3 млрд т/год. Эта масса составляет только около 55 % той, которая обеспечивается общепризнанным флювиально-денудационным сносом осадочного материала с континентов и островов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айбулатов Н.А.* Геозкология шельфа и берегов Мирового океана [Текст] / Н.А. Айбулатов, Ю.В. Артюхин. – СПб: Гидрометеиздат, 1993. – 304 с.
2. *Арчиков Е. И.* Абразионный фактор поступления осадочного материала в Охотское море [Текст] / Е. И. Арчиков., П. Ф. Бровка, В. Ф. Рыбаков, Ю. Д. Шуйский // Современное осадконакопление и четвертичный морфолитогенез Дальнего Востока: Сб. научных трудов / отв. ред. С.П. Плетнев и В.С. Пушкарь. – Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1982. – С. 165 – 178.
3. *Бровка П. Ф.* Лагуны Сахалина [Текст] / П. Ф. Бровка, Ю. А. Микишин, В. Ф. Рыбаков, А. Н. Володарский, Н. С. Терентьев, Т.Н. Токарчук. – Владивосток: Изд-во Дальневост. унив., 2002. – 80 с.
4. *Емельянов Е. М.* Барьерные зоны в океане: осадко- и рудообразование, геозкология [Текст] / Е. М. Емельянов. – Калининград: Янтарный Сказ, 1998. – 416 с.
5. *Ионин А. С.* Шельф: рельеф, осадки и их формирование [Текст] / А. С. Ионин, В. С. Медведев, Ю. А. Павлидис. – Москва: Мысль, 1987. – 207 с.
6. *Коротаев В. Н.* Геоморфология речных дельт [Текст] / В. Н. Коротаев. – Москва: Изд-во Московск. унив., 1991. – 224 с.
7. *Лисицын А. П.* Осадкообразование в океане [Текст] / А. П. Лисицын. – Москва: Наука, 1974. – 658 с.
8. *Михайлов В. Н.* Речные дельты: гидролого-морфологические процессы [Текст] / В. Н. Михайлов, М. М. Рогов, А. А. Чистяков. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 280 с.
9. Нгуен Ван Кы. Устьевые области рек Вьетнама [Текст] / Нгуен Ван Кы. – Одесса: Астропринт, 2004. – 344 с.
10. *Нгуен Тхи Нгуен.* Морфология и динамика приливно-дельтового берега (на примере устья р.Донгнай — СРВ) [Текст]: автореф дисс. ... канд. геогр. наук / Нгуен Тхи Нгуен. – Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1991. – 28 с.
11. *Петренко В. С.* Современные осадки бухт Южного Приморья [Текст] / В. С. Петренко, Ю. Д. Шуйский, В. А. Мануйлов // Современное осадконакопление и четвертичный морфолитогенез Дальнего Востока: Сб. научн. трудов / отв. ред. С. П. Плетнев и В. С. Пушкарь). – Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1982. – С. 154 – 164.
12. *Сафьянов Г. А.* Геоморфология морских берегов [Текст] / Г. А. Сафьянов. – Москва: Изд-во Московск. унив., 1996. – 400 с.
13. *Шепард Ф. П.* Морская геология [Текст] / Ф. П. Шепард. – Ленинград: Недра, 1976. – 375 с.
14. *Шуйский Ю. Д.* О роли процессов абразии в питании обломочным материалом Мирового океана [Текст] / Ю. Д. Шуйский // Океанология. – 1979. – Т. 19. – Вып. 1. – С. 117 – 122.
15. *Шуйский Ю. Д.* Подводная и надводная абразия как источник терригенного осадочного материала, поступающего в Мировой океан [Текст] / Ю. Д. Шуйский // Тезисы докладов XI Конгресса ИНКВА. – Том 1. – Москва: Наука, 1982. – С. 303 – 305.
16. *Шуйский Ю.Д.* Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей [Текст] / Ю.Д. Шуйский. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 240 с.

17. Шуйський Ю. Д. Международная Конференция по проблемам исследования илистых берегов приливных морей [Текст] / Ю. Д. Шуйський // Океанология. – 1990. - Т. 30. – Вып. 5. – С. 874 – 875.
18. Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану [Текст] / Ю. Д. Шуйський. – Одеса: Астропринт, 2000. – 480 с.
19. Шуйський Ю. Д. Природні особливості морських берегів в Албанії [Текст] / Ю. Д. Шуйський, Н. Р. Пано // Вісник Одеського державного університету. Природничі науки. – 1999. – Т. 4. – Вип. 5. – С. 81 – 88.
20. Bird E. C. F. Coastline changes: A Global Review [Text] / E. C. F. Bird. – Brisbane: John Wiley & Sons, 1985. – 256 p.
21. Shuisky Yu. D. Windy flats development on the untidal Ukrainian Black Sea [Text] / Yu. D. Shuisky // Annals Valahia Univ. (Rom.). Geography. – 2002. – Т. 2. – P. 115 – 127.
22. Tinley K. L. Coastal Dunes of South Africa [Text]. – Pretoria: Found. Res. Devel. Press, 1985. – 301 p.
23. Wright L. D. Variations in morphology of major river deltas as functions of ocean and river discharge regimes [Text] / L. D. Wright and J. M. Coleman // American Assoc. Petroleum Geol. Bull. – 1973. – Vol. 57. – P. 360 – 398.
24. Walker H. J. Arctic Deltas [Text] / H. J. Walker // Journal Coastal Research. – 1998. – Т. 14. – № 3. – P. 718 – 738.

## REFERENCES

1. Aybulatov, N. A., Artyukhin, Yu. V. (1993), *Geoekologiya shelfa i beregov Mirovogo okeana*, [Geocology of a shelf and coast of the World ocean], Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, 304 p.
2. Archikov, Ye. I., Brovko, P. F., Rybakov, V. F., Shuisky, Yu. D. (1982), *Abrazionnyy faktor postupleniya osadochnogo materiala v Okhotskoe more* [The abrasion factor of receipt of a sedimental stuff to sea of Okhotsk], *Sovremennoe osadkonakoplenie i chetvertichnyy morfolitogenez Dalnego Vostoka: Sb. nauchnykh trudov* (eds. S.P. Pletnev y V.S. Pushkar), Vladivostok: Izd-vo DVNTs AN SSSR, pp. 165 – 178.
3. Brovko, P. F., Mikishin, Yu. A., Rybakov, V. F., Volodarskiy, A. N., Terentiev, N. S., Tokarchuk, T.N. (2002), *Lahuny Sakhalyna [Lagoons of Sakhalin]*, Laguny Sakhalina. – Vladivostok: Izd-vo Dalnevost. Univ., 80 p.
4. Yemelyanov, Ye. M. (1998), *Barernye zony v okeane: osadko- i rudoobrazovanie, geoekologiya* [The barrier zone in the ocean: sedimentation and mineralization, geo-ecology], Kaliningrad: Yantarnyy Skaz, 416 p.
5. Ionin, A. S., Medvedev, V. S., Pavlidis, Yu. A. (1987), *Shelf: relief, osadki i ikh formirovanie [Shelf: a relief, deposits and their formation]*, Moscow: Mysl, 207 p.
6. Korotaev, V. N. (1991), *Geomorfologiya rechnykh delt [Geomorphology of river deltas]*, Moskva: Izd-vo Moskovsk. univ., 224 p.
7. Lisitsyn, A. P. (1974), *Osadkoobrazovanie v okeane [Sedimentation in the ocean]*, Moscow: Nauka, 658 p.
8. Mikhaylov, V. N., Rogov, M. M., Chistyakov, A. A. (1986), *Rechnye delty: gidrologo-morfologicheskie protsessy [River deltas: hidrologo-morphological processes]*, Leningrad: Gidrometeoizdat, 280 p.
9. Nguen Van Ky (2004), *Ustevye oblasti rek Vjetnama [Mouth of area of the rivers of Vietnam]*, Odessa: Astroprint, 344 p.
10. Nguen Tkhi Nguen (1991), *Morfologiya i dinamika prilivno-deltovogo berega (na primere ustya r. Dongnay — SRV) [Morphology and dynamics of tidal-deltaic coast (on an example of a mouth of the river of Dongnaj — SRV)]*, *Extended abstract of candidate's thesis*, Moskva: MGU im. M. V. Lomonosova, 28 p.
11. Petrenko, V. S., Shuisky, Yu. D., Manuylov, V. A. (1982), *Sovremennye osadki bukht Yuzhnogo Primorya [Modern deposits of coasts of Southern Primorski Krai]*, *Sovremennoe osadkonakoplenie i chetvertichnyy morfolitogenez Dalnego Vostoka: Sb. nauchn. Trudov*, (eds. S. P. Pletnev y V. S. Pushkar), Vladivostok: Izd-vo DVNTs AN SSSR, pp. 154 – 164.
12. Safyanov, G. A. (1996), *Geomorfologiya morskikh beregov [Geomorphology of sea coast]*, Moskva: Izd-vo Moskovsk. univ., 400 p.
13. Shepard, F. P. (1976), *Morskaya geologiya [Sea geology]*, Leningrad: Nedra, 375 p.
14. Shuisky, Yu. D. (1979), *O roli protsessov abrazii v pitanii oblomochnym materialom Mirovogo okeana [About a role of processes of abrasion in a food fragments a stuff of the World ocean]*, *Okeanologiya*, vol. 19, No. 1, pp. 117 – 122.
15. Shuisky, Yu. D. (1982), *Podvodnaya i nadvodnaya abraziya kak istochnik terrigenogo osadochnogo materiala, postupyushchego v Mirovoy okean [Underwater and surface abrasion as a source terrigen the sedimental stuff arriving to the World ocean]*, *Tezisy dokladov XI Kongressa INKVA*, vol 1, Moscow: Nauka, pp. 303 – 305.
16. Shuisky, Yu.D. (1986), *Problemy issledovaniya balansa nanosov v beregovoy zone morej [Problems of research of balance of deposits in a coastal region of seas]*, Leningrad: Gidrometeoizdat, 240 p.
17. Shuisky, Yu. D. (1990), *Mezhdunarodnaya Konferentsiya po problemam issledovaniya ilistykh beregov prilivnykh morey [The international Conference on problems of research of oozy coast of tidal seas]*, *Okeanologiya*, vol. 30, No. 5, pp. 874 – 875.



18. Shuisky, Yu.D. (2000), *Tipi beregiv Svitovogo okeanu [Types of shores of the oceans]*, Odesa: Astroprint, 480 p.
19. Shuisky, Yu. D., Pano, N. R. (1999), Prirodni osoblivosti morskikh beregiv v Albanii [Connatural features of sea coast in Albania], *Visnyk Odes'koho derzhavnoho universytetu. Pryrodnychi nauky*, vol. 4, No. 5, pp. 81 – 88.
20. Bird, E. C. F. (1985), *Coastline changes: A Global Review*, Brisbane: John Wiley & Sons, 256 p.
21. Shuisky, Yu. D. (2002), Windy flats development on the untidal Ukrainian Black Sea, *Annals Valahia Univ. (Rom.). Geography*, vol. 2, pp. 115 – 127.
22. Tinley K. L. (1985), *Coastal Dunes of South Africa*, Pretoria: Found. Res. Devel. Press, 301 p.
23. Wright, L. D. and Coleman, J. M. (1973), Variations in morphology of major river deltas as functions of ocean and river discharges regimes, *American Assoc. Petroleum Geol. Bull.*, Vol. 57, pp. 360 – 398.
24. Walker, H. J. (1998), Arctic Deltas, *Journal Coastal Research*, vol. 14, No 3, pp. 718 – 738.

Поступила 21.02.2015

### Ю. Д. Шуйський

кафедра фізичної географії та природокористування,  
Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова,  
вул. Дворянська, 2, Одеса-82, 65082, Україна  
[physgeo\\_onu@ukr.net](mailto:physgeo_onu@ukr.net)

## ДОСВІД ЧИСЕЛЬНОЇ ОЦІНКИ АЛЮВІАЛЬНИХ ТА АБРАЗІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ОСАДКОВИМ МАТЕРІАЛОМ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

### Резюме

Протягом мільйонів років Світовий океан був осередком скидання та накопичення осадкового матеріалу. Цей матеріал відкладався на океанічному дні та був основою шару осадків. В природі існує кілька джерел матеріалу: флювіальний, абразійний, біогенний, еоловий, крижаний, хемогенний, вулканічний. До поточного часу відсутня реальна кількісна оцінка абразійного та флювіального джерел. Решта є оціненою взагалі відповідно до наукової інформації, що є наявною. Тому сьогодні важливе значення має визначення тієї кількості вихідного осадкового матеріалу, яка вноситься з річок у відкритий океан і яке затримується бар'єром берегової зони. З іншого боку, важливо оцінити кількість осадків, які: а) відкладаються в лагунах і лиманах; б) накопичується в естуаріях та на припливних присухах; в) скидається у відкритий океан (море) під впливом абразії кліфів та підводного схилу моря. Берегова зона затримує до 70-80 % флювіальних наносів від 18,53 млрд т/рік пересічно. Решта 20-30 % проходить цей береговий седиментаційних бар'єр, надходить до прибережного дна, потім до шельфу, континентального схилу, глибинних западин, серединних хребтів. Дослідження показали: близько 32 млрд т/рік є сумарним живленням всіх частин Світового океану. Причому, перший бар'єр переборюють і у відкритому океані пересічно опиняється (млрд т/рік): 4,5-5,0 флювіальних осадків; 6,3-7,4 абразійних осадків; 1,6 — еолових; 0,9 — крижаних; 2,2 — вулканогенних; 1,3 — біогенних.

**Ключові слова:** осадковий матеріал, алювій, абразія, наноси, лимани, лагуни, естуарії, присухи, акумуляція, океан.

**Yu. D. Shuisky**

Dept. Physical Geography & Natural Resources Usage,  
Odessa I. I. Mechnikov National University,  
2, Dvoryanskaya St., Odessa-82, 65082, Ukraine  
physgeo\_onu@ukr.net

**EXPERIENCE OF NUMERICAL ESTIMATES OF ALLUVIAL AND ABRASIVE SEDIMENTARY MATERIAL SOURCES FOR THE COASTAL ZONE OF THE WORLD OCEAN****Abstract**

*The purpose* of this article is to assess the total amount of sedimentary drifting from rivers, cliffs and benches to the World Ocean and its coastal zone during newest time. The objectives of the article are: a) analysis of published information and self original results along coasts of the 26 seas of the Ocean; b) estimation and establishment of calculations of the downthrow sediment in a coastal zone; c) discussion and account of the general conclusions.

*The object* of the article is a coastal zone of the World Ocean in different regions and geographical latitudes. *The subject* is geographical calculations of abrasive and fluvial evacuation of sedimentary material and its regularities.

*Methodology.* As materials of the research used information from the open scientific press on marine geology, marine geomorphology and the science of the sea shores from different countries, information on the morphology and dynamics of the coastal zone Coastal Systems Commission of the International Geographical Union, as well as data obtained by the author during work on the seas of the Soviet Union and two dozen other countries. The comparative-geographic, cartographic, analytical and a number of other general geographic methods were used..

*Results.* During many millions years the World Ocean was sedimentary material accumulation basin. Continental terrigenous material accumulated on the deep bottom of the Ocean. The material was base of modern oceanic deep-sea sediment. In natural conditions became the several sources of marine sediment, i.g. fluvial, abrasive, biogenic, aeolian, chemogenic, volcanic, icy etc. Before current time we haven't numerical estimation of abrasive and fluvial drift sources. The rest sources were estimated in according to scientific information that we are having to-day. What is why estimation of sediment quality, that are drifting from rivers to opened the Ocean, have important significance. From other side, we must to determine the quality of three groups of sediment that are accumulating in different conditions: a) in lagoons and limans; b) in estuaries and on tidal flats; c) that drift to the Ocean by impact of cliffs and benches abrasion. The coastal zone assimilation up to 70-80 % of fluvial sediment from general mass of 18,53 mlrd tons/year. The rest 20-30 % break the coastal zone and is putting out to opened shelf and any longer to abyssal bottom. Our investigations note that full natural system of the World Ocean is nourishing of 32 mlrd tons/year sediment. Through the coastal zone as a sedimentary barrier many terrigenous sediment are drifting to the deep sea bottom on continental slope and abyssal. For instance, in average there are (mlrd tons/year): 4,5-5,0 are fluvial from rivers; 6,3-7,4 are abrasive from cliffs and benches; 1,6 — aeolian; 0,9 — ice; 2,2 — volcanic; 1,3 — biogenic.

**Keywords:** sedimentary material, alluvium, abrasion, sediment, liman, lagoon, estuary, muddy flat, accumulation, ocean.