

УДК 551.351 (262.5)

Ю.Д.Шуйский, д-р геогр. наук, проф.,

Г.В.Выхованец, д-р геогр. наук, проф.,

Л.В.Орган, аспирант.

Одесский национальный университет
им.И.И.Мечникова,
кафедра физической географии и природопользования,
ул. Дворянская, 2, Одесса-82, 65082, Украина

ВДОЛЬБЕРЕГОВЫЕ ЛИТОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

В естественных условиях развития береговая зона Черного моря, так же как и любого другого подразделения Мирового океана, представляет собой сложную систему, которая, в свою очередь, подразделяется на системы более низкого ранга - «вдольбереговые литодинамические ячейки». Все процессы протекающие в них взаимосвязаны и взаимосвязаны. Нарушение динамического равновесия любой хозяйственной деятельностью в какой-то одной части ячейки ведет к незамедлительному отклику во всей ее системе. Связующим звеном выступают вдольбереговые потоки наносов.

Ключевые слова: береговая зона, ячейка, волна, энергия, наносы, пляжи, аккумулятивные формы

Введение

Современное освоение (промышленное и гражданское строительство, берегоукрепление, рекреация и др.) берегов Черного моря ведется без учета закономерностей их строения и развития. Оно привело у запредельным нагрузкам на природу береговой зоны и на многих участках она вступила в стадию деградации. Это значит, что природа сама уже не способна восстанавливаться и на многих участках исчезли пляжи и эоловые формы рельефа («кучугуры»), скорости разрушения коренных берегов и размыва аккумулятивных форм выросли на порядок, процесс аккумуляции сменился процессом размыва; участились затопления низменных берегов даже при слабом волнении. В результате это привело к потере ценных рекреационных земель, различных строений и даже населенных пунктов. Следовательно, тему данной статьи надо считать

актуальной.

Объектом данной статьи является береговая зона в северо-западной части Черного моря между дельтой Дуная и Гераклеяским п-овом в Крыму. В качестве *предмета исследования* выбран анализ ячеистой структуры береговой зоны как отдельных звеньев единой системы.

Чтобы минимизировать негативные последствия в ходе любого вида антропогенной деятельности, необходимо проводить всесторонние исследования, которые помогут промоделировать сценарии развития береговой зоны не только на участке освоения, но и в пределах всей литодинамической системы. Исходя из изложенного, статья имеет важное *практическое значение*. Чтобы выявить природные окружающие условия конкретного хозяйственного объекта и установить область его влияния на береговую зону было предложено ее структуру рассматривать как совокупность некоего множества вдольбереговых литодинамических ячеек. Такой подход важен с *теоретической точки зрения*.

Основная *цель данной статьи* состоит в анализе общих закономерностей развития «вдольбереговых литодинамических ячеек» в северо-западной части Черного моря, в выявлении закономерностей развития береговой зоны в их пределах с целью избежать отрицательных последствий в ходе дальнейшего использования береговой зоны для разных целей. Для достижения основной цели работы следует решить такие задачи: а) дифференциация береговой зоны на литодинамические ячейки; б) основные природные особенности изученных литодинамических ячеек; в) смысл природной литодинамической ячейки; г) численные значения распределения наносов во вдольбереговых потоках наносов.

Данный вопрос, вынесенный в формулировку цели работы, впервые был затронут в процессе исследований расчлененных берегов в разных странах в 30-40-х годах XX столетия. Подходящими объектами стали береговые вогнутости и полузамкнутые бухты, в которых наносы почти что не покидают пределов таких бухт. Целесообразность выделения литодинамических ячеек стала ясной

при первых попытках расчета баланса наносов в США для определения заносимое™ каналов, прорыв и определения количества наносов, сносимых в подводные каньоны на Тихоокеанском побережье Орегона и Калифорнии. В СССР интерес к данной теме был обусловлен необходимостью расчетов заносимости каналов, мощности вдольбереговых потоков наносов и исследований процессов формирования россыпных месторождений в береговой зоне. Решение всех географических задач, в которых применяется информация о структуре и режиме развития литодинамических ячеек, требует численных и количественных характеристик морфологии и динамики береговой зоны. В СССР это стало ясно во время исследований бухтовых берегов Дальневосточных морей, а также формирования очагов тяжелых минералов на Балтийском море. В Украине выделение отдельных литодинамических ячеек было выполнено при разработках Генеральной Схемы морских берегозащитных и противооползневых сооружений в 70-е годы [1]. В общем, к 80-м годам XX столетия сложились благоприятные условия для изучения литодинамических ячеек.

Во всех случаях оказалось, что наиболее эффективным является метод балансов осадочного материала в береговой зоне при исследовании литодинамических ячеек [6, 11]. Это значит, что применение этого метода требует численных характеристик морфологии и динамики береговой зоны, с указанием значений приходных и расходных элементов баланса как суммарного осадочного материала, так и прибрежно-морских наносов. Сегодня наиболее глубокие научно-теоретические разработки по структуре и эволюции литодинамических ячеек и вдольбереговых потоков наносов выполнены Ю.Д. Шуйским [5, 6].

Фактический материал и методы исследований

Тема данной статьи разработана по материалам длительных натурных стационарных и маршрутно-экспедиционных исследований кафедры физической географии и природопользования ОНУ им. И.И.Мечникова в береговой зоне Черного моря между дельтой Дуная и вершиной Каркинитского

залива. Исследования состояли из следующего комплекса работ: повторных сезонных и межгодовых съемок и отбора проб наносов на абразионных берегах и подводных склонах, на аккумулятивных формах и пляжах, применение промеров и отбора проб наносов на подводном склоне до глубин 10-15 м, выполнение промерно-грунтовых галсов в масштабах 1:500, 1:1000 и 1:2000, построение планшетов отдельных участков в этих же масштабах.

Использование данных маршрутно-экспедиционного картографирования берегов в масштабе 1:50000 показало распределение абразионных и аккумулятивных форм рельефа в разных береговых областях и подьобластях. Это позволило определить длину этих форм берегового рельефа, а маршрутные описания и тахеометрические съемки представили данные о высоте морского берега.

Для расчета потока ветро-волновой энергии использовались данные Гидрометеорологической службы Украины о ветровом и волновом режиме прибрежных акваторий. Для обработки полевых материалов и получения выводов применялся широкий спектр методов: лабораторные, математической статистики, сравнительно-географический, метод аналогов. При анализе полученных материалов применялся географический подход, позволивший системно и в комплексе рассмотреть процессы и явления в береговой зоне моря и выявить их территориальную дифференциацию. При этом применяются методы литологический, морфометрический, динамики берега у искусственных и естественных препятствий. Эти данные дают возможность определить, какой из гидрометеорологических методов может быть пригоден для расчетов вдольбереговых потоков энергии, — «ветровой», «волновой» или оба. Чаще всего применяются методы, разработанные Р.Я. Кнапсом, Н.Д. Шишовым, И.А. Правоторовым, В.В. Лонгиновым, А.М. Ждановым, Д.Л. Бергманом (методБДШ)[4].

Данные многолетних гидрометеорологических наблюдений на постах и станциях систематизируют для получения таблиц повторяемости градаций скоростей ветра (градаций высот и длин

ветровых волн) по румбам (полурумбам). Они позволяют вычислить средневзвешенные значения повторяемости той или иной градации (годовой процент). По карте определяется румбовая длина разгона, причем, нужно определять динамическую длину (км). Некоторые методы предусматривают использование среднего уклона подводного склона ($\text{tg } \alpha$) и среднего диаметра наносов (m). По специальной кривой определяется коэффициент полноты румба. Для расчета используется также плотность воды и значение ускорения свободного падения. В итоге получаем результирующий вектор E ветро-волновой энергии в заданной точке, по которой проведена касательная. Затем на эту касательную опускается перпендикуляр, который обозначает т.н. «лобовую силу» B , своеобразную нормаль, обозначающую вклад в результирующее движение наносов гидродинамических сил такого же направления. Величина падения на касательную результирующего вектора E обозначает T — вдольбереговую «наносодвижущую силу». Соотношение B и T показывает, сколько энергии тратится на вдольбереговую и на нормальный перенос наносов в данной литодинамической ячейке, т.е. насколько годовая сумма вдольбереговых подвижек наносов больше годовой суммы подвижек наносов по нормали к берегу. Если $T = 0$, то это обозначает равенство разнонаправленных подвижек наносов. Эти результаты увязываются с данными, полученными другими методами. Среди «ветровых» чаще всего используются методы Р.Я. Кнапса, БДШ и И.А. Правоторова, а среди «волновых» — методы А.М. Жданова и В.В. Лонгинова [4]. Нередко возникает необходимость применить два и более метода в пределах одной и той же ячейки.

Результаты исследований и их анализ

дифференциация береговой зоны на литодинамические ячейки. Береговая зона Мирового океана является пограничной между сушей и океаном. В связи с этим в ее пределах действуют потоки вещества особого вида, главным образом, — седиментационные. Характеристики этих потоков зависят от направления и напряженности потоков механической энергии совокупности гидрогенных процессов, главным образом, —

волновой энергии. Одновременно береговая зона развивается в различных физико-географических условиях. Поэтому по разному развиваются седиментационные потоки вещества в зависимости от разной напряженности и направления действия потока энергии в разных физико-географических условиях. По мощности и характеру развития все вдольбереговые потоки разделены на три группы: а) галечные + валунные; б) песчаные; в) илистые [2]. Для них всех характерна дифференциация по площади вдоль берегов Мирового океана, которая в конечном итоге выражается в обособлении отдельных вдольбереговых потоков и поперечных миграций наносов.

Поэтому береговая зона, какой бы длины она ни была, распадается на отдельные природные системы, отрезки, которые были названы «вдольбереговыми ячейками» [5, 6, 10]. Каждый вдольбереговой и поперечный седиментационный поток выражается в виде вдольбереговых и поперечных миграций и имеет свои границы, как это видно на примере берегов Черного моря в пределах Украины (рис. 1). Это является отражением упомянутой территориальной дифференциации береговой зоны в зависимости от тех или иных различий конкретных физико-географических условий. В пределах этих границ структура содержит участки зарождения, транзита и разгрузки вдольбереговых потоков и поперечных миграций наносов. Каждый из этих участков тесно взаимосвязан с соседними, развитие одного из них контролируется развитием другого под влияние одних и тех же источников наносов, одного и того же вида энергии, одного и того же направления действия и напряженности энергетического поля. Естественное или искусственное возмущение на одном каком-то участке сказывается на состоянии всех остальных. Таким образом, все морфодинамические и литодинамические процессы в границах действия одного потока наносов тесно связаны между собой. В каждой ячейке изменения на одном участке оказывают влияние на другие, что установлено в натуральных условиях [9]. Следовательно, мы наблюдаем единую природную систему, единство которой обеспечивается режимом

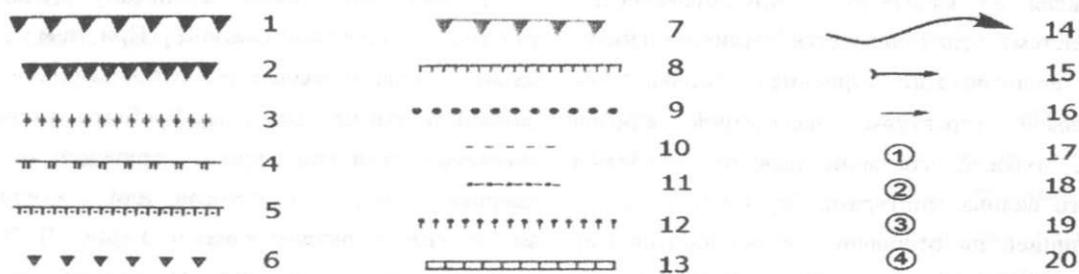
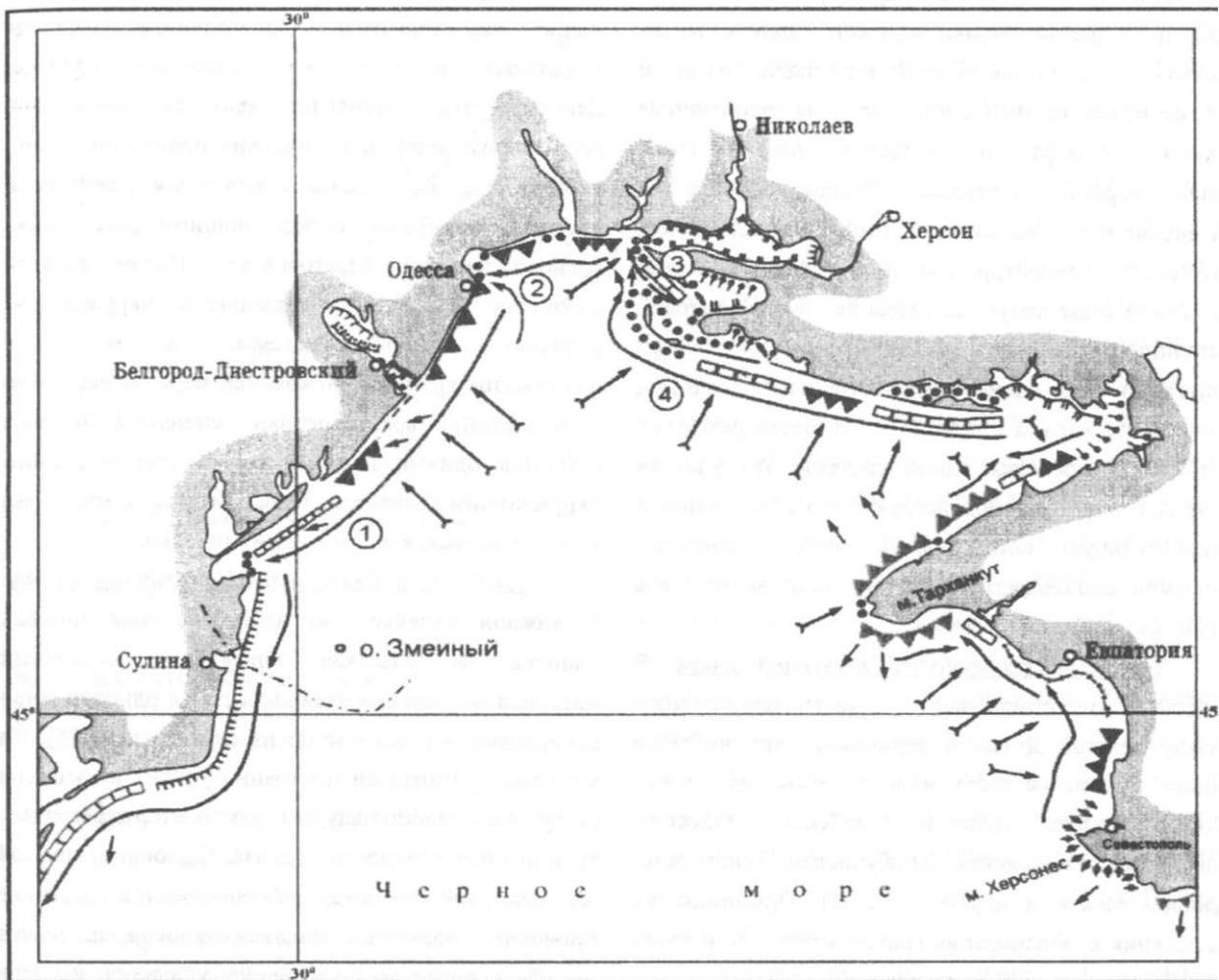


Рис. 1. Схема северо-западных берегов Черного моря в пределах Украины.

единого вдольберегового потока наносов.

(1 - абразионно-оползневые в глинистых породах; 2 - абразионно-обвальные в глинистых породах; 3 - абразионно-бухтовые ингрессионные первичного расчленения в скальных породах (риасовые); 4 - абразионно-аккумулятивные мелкобухтовые первичного расчленения в глинистых породах; 5 - абразионно-аккумулятивные крупнобухтовые вторичного расчленения; 6 - древне-абразионные денудационные с отмершим клифом; 7 - абразионно-оползневые бухтовые в рыхлых и полускальных породах; 8 - дельто-

вые; 9 - аккумулятивные выровненные; 10 - лиманные; 11 - лагунные; 12 - динамически нейтральные с ветровой осушкой; 13 - первично-аккумулятивные деградирующие; 14 - вдольбереговые потоки наносов; 15 - поступление наносов к берегу с подводного склона; 16 - вынос наносов от берега в сторону открытого моря; 17 - северо-западная система; 18 - одесско-аджиасская система; 19 - кинбурнская система; 20 - тендровско-джарылгачская система).

Для такой системы характерным являются одни и те же источники наносов, одни и те же расходы седиментационного материала, один и тот же вещественный состав наносов, однотипные формы рельефа и характер распределения вдоль берега, длительная направленность и интенсивность развития. Такая система как результат территориальной дифференциации береговой зоны получила название «вдольбереговой литодинамической ячейки» [5]. Системы ограничены участками зарождения вдольбереговых потоков, с одной стороны, а с другой - участками разгрузки потоков. В пределах одной системы эти участки наиболее тесно взаимодействуют, что обуславливает относительную автономность каждой системы. Соседние вдольбереговые потоки чаще всего очень слабо влияют один на другого.

Основные особенности изученных ячеек. В береговой зоне северо-западной части Черного моря между дельтой Дуная и вершиной Каркинитского залива выделены следующие системы: Дунайская, Северо-западная (Одесско-Дунайская), Одесско-Аджиаская, Очаковская, Кинбурнская, Тендровско-Джарылгачская и другие (рис. 1). Принципы их выделения и обоснования границ изложены в книге Ю.Д.Шуйского и Г.В.Выхованец [9].

Каждая из выделенных литодинамических ячеек (систем) характеризуется отличительными чертами геологического строения, геоморфолого-тектонической структуры, параметров клифов и бенчей, пляжей, составом наносов, уклонами подводного склона, контурами береговой линии и ее экспозицией по отношению к результирующему вектору ветро-волнового режима и рядом других особенностей. Для всех названных здесь систем характерно преобладание песчаных наносов, небольшие размеры пляжей, дефицит наносов, ведущая роль абразионных источников питания наносами. В каждой литодинамической ячейке выявлены высокие (в среднем до 1,5-3,5 м/год) скорости абразии клифов и отступления береговой линии аккумулятивных форм. Этой особенностью обусловлена необходимость защиты от разрушения вместе с берегом также и важных хозяйственных объектов на берегах.

Каждая вдольбереговая литодинамическая ячейка характеризуется определенным набором приходных и расходных элементов баланса. Действие этих элементов является важнейшим регулятором морфодинамических процессов, а они, в свою очередь, связаны с волновым режимом и другими факторами, определяющими рассеивание волновой энергии в береговой зоне. Параметры всей совокупности факторов подчинены окружающим условиям. каждой системы. За некоторый промежуток времени (по крайней мере, за несколько десятилетий) характеристики элементов баланса остаются одними и теми же, соответствующими окружающим условиям. Но за длительное время они могут меняться, в основном ритмически.

Смысл природной литодинамической ячейки.

В каждой «ячейке» во вдольбереговых потоках наносов на участках зарождения осадочный материал постепенно накапливается и одновременно превращается в наносы по известной схеме [5]. На участках транзита он постоянно уходит на участки разгрузки, подобно тому, как транспортер перемещает то или иное количество фунта. Одновременно той же волновой энергией обеспечивается действие приходных элементов баланса наносов, а, значит — обеспечивается пополнение ушедших наносов из разных источников, а потому фанзитный участок действует постоянно [2]. При этом он имеет различную длину, разный энергетический потенциал, разный состав наносов и др. В общем, увеличение энергетического потенциала приводит к росту емкости и мощности потоков, или к увеличению количества переносимых наносов (рис. 2). В конце концов наносы попадают на участок разгрузки потока, где образуются в основном аккумулятивные формы прибрежно-морского рельефа. Таким образом, все элементы береговой зоны (в т.ч. и пляжи) и динамическое состояние каждой системы регулируется соотношением между количеством поступающих из источников пляжеобразующих фракций $O^в$ (удельное количество) и совокупным количеством волновой энергии E (удельный поток). Это соотношение выражается через динамический коэффициент $2^a = O^в / E$.

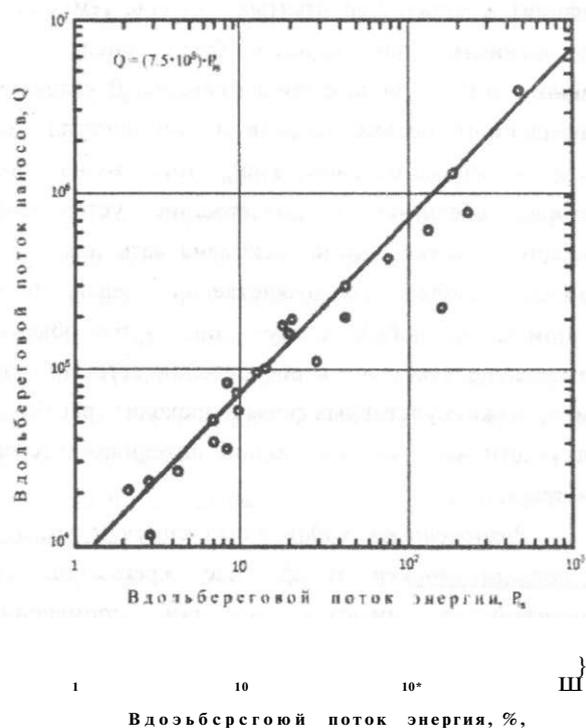


Рис. 2. Зависимость мощности вдольберегового потока наносов от мощности вдольберегового потока волновой энергии (по П. Комару).

Смысл коэффициента 7.7 состоит в следующем. Чем больше составляющая O^e при том же E , тем сильнее развивается береговая зона по «аккумулятивному направлению» (рис. 2). Чем меньше O^e при неизменном E , тем сильнее развивается береговая зона по абразионному направлению. Чем больше E при том же O^e , тем сильнее проявляются деструктивные явления, а при понижении E с сохранением значений O^e неизменно нарастает интенсивность аккумулятивных процессов. Соответствующие разновидности абразионных и аккумулятивных процессов развиваются при одновременном росте O^e и E или синхронном понижении O^e и E , когда одна из составляющих 2^a меняется быстрее или медленнее. Указанные сочетания данного соотношения также зависят от исходных значений в каждой литодинамической системе, проявляются под влиянием штормовых, сезонных, многолетних монотонных или многолетних ритмических изменений. Относительное осредненное постоянство окружающих условий развития береговых систем ведет к относительно однородному режиму действия источников питания наносами и их вовлечения в наносообмен в

пределах всей ячейки (системы). Это значит, что за некоторый промежуток времени, обеспеченный соответствующим количеством волновой энергии, формируется относительное, динамическое равновесие между массой наносов, поступающей в береговую зону, и наносами, изымаемыми из оборота и отлагающимися на участках аккумуляции. Поэтому каждая аккумулятивная форма, и в первую очередь пляж, в литодинамической ячейке с определенным 2^a сохраняет в среднем одни и те же размеры за длительный промежуток времени. Можно считать, что каждая аккумулятивная форма обладает строго определенной емкостью, которая характеризуется средним количеством наносов в составе этой формы.

В той или иной литодинамической системе емкость форм, в том числе и пляжей, испытывает кратковременные штормовые, сезонные, годовые, многолетние ритмические изменения. Согласно закономерностям этих изменений, по-разному проявляются и соотношения O^e и E . Доказано [2, 5, 9], что указанные изменения обуславливают колебания количества наносов в составе прибрежно-морских форм около определенного среднего значения за каждый ритм природного развития береговой зоны.

Прогрессирующее изменение емкости связано с соответствующей изменчивостью всей совокупности природных окружающих условий, которые имеют решающее влияние на баланс наносов или энергетический потенциал вдольбереговой литодинамической ячейки. К таким условиям относятся, главным образом, геологическое строение берегов, наличие или отсутствие наносонесущих рек, контуры береговой линии, рельеф подводного склона, в том числе и средние уклоны поперечного профиля, режим ветров и волн, волновых течений, колебаний уровня, величина и изменения продуктивности питания пляжеобразующими наносами. Они меняются очень медленно: геолого-геоморфологические параметры - в течение многих тысячелетий, береговой рельеф и источники питания - в течение столетий, а гидрогенные параметры испытывают наименее продолжительные ритмические изменения.

Искусственное отклонение линейных

или объемных размеров аккумулятивных форм есть ни что иное, как нарушение естественной емкости аккумулятивных форм и привнесение внешнего «раздражителя» в ход закономерного функционирования природной ячейки. Таким раздражителем («возмутителем») может быть отсыпка искусственного пляжа, добыча наносов с пляжей или с поверхности аккумулятивных форм, изменение береговой линии или рельефа подводного склона с помощью гидротехнических сооружений и др.

Значит, очень медленно меняющиеся компоненты природы преобразуются искусственно, а гидрометеорологический режим меняется быстро по законам соответствующей природной ритмики. Соотношение между ними и тесное взаимодействие влияет на значения емкости аккумулятивных форм. Если такой формой является пляж, то соответственно меняется его берегозащитное свойство, а также характер взаимодействия берегозащитного сооружения (с пляжем в его составе) с соседними естественными участками естественной береговой зоны.

Часто для хозяйственных целей добываются наносы береговой зоны, как чистый отсортированный материал. В коэффициенте 2^a это приводит к уменьшению O^e и является дополнительным (антропогенным) расходным элементом баланса наносов. Все остальные факторы в пределах литодинамической системы остаются прежними, в том числе и E . Поэтому природная система стремится восполнить емкость пляжей, но уже за счет активизации деструктивных явлений в пределах - литодинамической системы («ячейки»), они чаще всего увеличивают скорости абразии и способствуют потере прибрежной территории. Такие остаточные явления особенно опасны в условиях дефицита наносов, характерного для вдольбереговых литодинамических систем в северо-западной части Черного моря.

В зависимости от степени дефицита и количества наносного материала, изъятого с надводных и подводных форм береговой зоны, восстановление естественной емкости может растянуться на годы и десятилетия. Чем меньше

дефицит и количество изъятых наносов, тем менее болезненными для берегов будут последствия данного антропогенного вмешательства. В условиях насыщенного потока наносов и при поступлении наносов из источников выше того количества, которое обеспечивает поддержание устойчивой емкости пляжей, можно рекомендовать пляжевые наносы к добыче для хозяйственных целей. Но **И** в этом случае добыча следует лишь в том объеме, который не участвует в обеспечении естественной емкости аккумулятивных форм и проходит транзитом на участки аккумуляции данной литодинамической системы.

Возможность создания искусственного пляжа в пределах ячейки. В практике берегозащитного строительства имеются попытки применения свободных незакрепленных пляжей в пределах литодинамических систем («ячеек») разных типов. Опыт исследования динамики песчаных пляжей такого типа всегда указывает на их интенсивный размах в условиях открытого выровненного берега при высокой E . Видимо, интенсивный размыв отсутствовал бы при условии, что насыщенной песчаными наносами оказалась бы одновременно вся вдольбереговая литодинамическая система («ячейка»). Но это невозможно в связи с высокой стоимостью песчаного материала и работами по его отсыпке на берег. Поэтому ограничиваются локальными отсыпками, только лишь вдоль фронта того участка берега, который необходимо защищать. Остальные участки системы остаются без изменений. Неизменными остаются также и все остальные окружающие условия (компоненты природы). Этим объясняются быстрые размывы свободных незакрепленных пляжей, по опыту многих зарубежных авторов и единичных наблюдений на песчаных открытых берегах Балтийского, Азовского, Черного и Японского морей.

Быстрый размыв свободного песчаного пляжа отражает стремление прибрежно-морской системы привести емкость этой формы в соответствие с окружающими условиями, поскольку всякое возмущение сказывается на состоянии всей ячейки. Соответственно, искусственное увеличение O^e , не подкрепленное обеспечением из источников питания,

в принципе расценивается как нерациональное. Этот тип пляжа, как средство берегозащиты, можно применять в условиях, если имеются искусственные, достаточно дешевые и обильные источники ремонтного пополнения песком, которые, в свою очередь, не способствуют понижению качества природных ресурсов на суше или на морском дне.

Каждая природная система в береговой зоне обладает своим набором природных элементов баланса. Их расчет позволяет оценить, насколько то или иное берегозащитное сооружение приемлемо ячейке и может с ней гармонизировать. Если поступление и запасы наносов (O^e) часто не могут создать настолько крупные пляжи, что они смогли бы защитить берег от абразии, то целесообразно предложить изменение параметра E в динамическом коэффициенте. Тогда автоматически увеличивается емкость защитного пляжа.

Уменьшение E можно обеспечить с помощью гашения энергии волн на участке, предназначенном к защите. Пассивные сооружения на песчаных берегах создают локальные токи волновых течений и активизируют действие отраженной волны. Обычно это дает отрицательный результат. Сооружения, относимые к активным, понижают напряженность волно-энергетического поля, что приводит к соответствующему уменьшению E , снижению наносодвижущей способности волновой энергии и к относительному увеличению емкости пляжей (волноломы, буны, шелевые откосы, т.п.). Под их влиянием защитные отсыпанные пляжи сохраняются гораздо дольше, и поэтому снижаются затраты песка на ремонтные отсыпки.

Под влиянием строительства гидротехнических сооружений «активного типа» меняется контур береговой линии, как правило, в сторону увеличения ее длины. Это приводит к снижению расходования волновой энергии на единицу длины берега [6]. Поперечные сооружения создают локальные участки волновой тени, и это тоже способствует общему снижению воздействия волн. То же происходит и под влиянием волноломов (однооткосных, каменнонабросных, распластанных). Комбинированные активные сооружения могут существенно понизить параметр E - на величину до

40 - 50%, согласно экспериментам И.А.Лызлова.

Тем не менее, в пределах литодинамической системы с песчаными наносами берегозащитные сооружения занимают небольшие участки. Соседние естественные берега в условиях действия дефицита наносов продолжают отступать. Со временем защищенный участок начинает выступать в виде «мыса» относительно общего направления береговой линии. А это в большинстве случаев приводит к увеличению риска эксплуатации самого берегозащитного сооружения.

Важно указать, что в пределах одной литодинамической ячейки в Северо-западной части Черного моря развивается один поток наносов или две его разнонаправленные ветви. В итоге осуществляется наносообмен во всей системе, и для каждого ее отрезка характерны свои соотношения E и O^e и значения емкости аккумулятивных форм. В этой связи находит убедительное объяснение морфология и динамика берегов на участках зарождения, транзита и разгрузки потоков наносов. Эти особенности также должны учитываться при планировке берегов и осуществлении берегозащитного строительства.

Для каждой системы составляется частное уравнение баланса осадочного материала и определяется его численное значение по разработанной методике. Соответственно значениям 2^a каждая система характеризуется конкретными размерами пляжеобразующих фракций, которые определяются путем массового опробования пляжей и слоя наносов на подводном склоне.

Зная бюджет, возможно оценить O^e как в удельном значении, так и в целом в пределах системы. Это позволяет определить особенности питания пляжеобразующими наносами, насыщенность наносами, степень их дефицита, особенность значения емкости пляжей и иных аккумулятивных форм, степень нарушения литодинамического функционирования системы берегозащитными сооружениями, рассчитать наносообмен искусственных пляжей с соседними естественными участками берега.

Численные значения мощностей потоков наносов. В литературе уже накопилось достаточно много достоверной информации о мощностях

вдольбереговых потоков, в которых наносы имеют различные гидравлические характеристики. В работах [2, 5] находим материалы исследования береговой зоны на разных континентах. Например, илистые потоки наносов характеризуются наибольшей мощностью — на Желтом море, в Бискайском заливе, вдоль берегов Южной Америки в районе устья Амазонки, Ориноко и ряда других. Там их мощность может достигать миллионов т/год. Вдоль северного берега Азовского моря движется около 500 тыс. т/год илистых наносов. Однако, и до сих пор илистые потоки в береговой зоне морей или в верхней части шельфа весьма слабо.

Сравнительно полно исследованы вдольбереговые потоки песчаных наносов. Они исследовались разными методами: морфологическим, литологическим, гидрометеорологическим, методом искусственных трассеров, методом оценки берега у естественных и искусственных препятствий и др. Весьма полно они были изучены вдоль песчаных пересыпей лиманов в Северо-западной части Черного моря, вдоль берегов Западного Крыма, вдоль песчаного берега западнее м.Анапского на Черномморе, вдоль северных берегов Азовского моря, вдоль восточных и южных берегов Балтийского моря и др. Оказалось, что значения мощности песчаных потоков составляют сотни тысяч т/год, реже — десятки тысяч т/год. В качестве примеров приведены значения мощности песчаных потоков ряда ячеек на песчаных берегах Черного моря, где мощность находится в широких пределах — до полутора-двух сотен тысяч м³/год'. Для песчаных вдольбереговых потоков характерна весьма четкая зависимость мощности от величин энергии гидрогенного фактора, главным образом — энергии ветровых волн. В активное движение увлекаются пески в широкой полосе не только на берегу, но и на подводном склоне до немалых глубин, например, в северо-западной части Черного моря до 6-8 м. Эта полоса охватывает ширину до 1 км и более. В отличие от илистых наносов, песчаные формируют пляжи и террасы во «входящих углах».

Если естественное или искусственное препятствие пересекает зону забурунивания волн и дисталью не выходит мористее, то пляжи и террасы формируются в наветренных. А если зона забурунивания не нарушается препятствием, то наветренный угол формирует нагонную линзу воды, а подветренный — волновую тень. Соответственно, у наветренного угла образуется дуга размыва, а в подветренном — широкий пляж или терраса при достаточном количестве наносов «волнового поля».

В береговой зоне морей и океанов часто встречаются вдольбереговые потоки гравийно-галечных наносов. Они действуют вдоль берегов Южной Англии, западного берега Балтийского моря, на ряде участков берега Восточной Анатолии, у берегов Южного Крыма, вдоль Кавказских берегов Черного моря. Скажем, бар Меечкен на берегах Берингова моря и косы Эдиз-Хук и Данджнес на южном берегу пролива Хуан де-Фука сложены в основном галькой. В литературе имеется много сведений об определениях мощности вдольбереговых потоков галечных наносов на берегах ряда морей, но наиболее полными и доказательными сведения получены по берегам Черного моря [2, 3, 4]. Мощность потоков обычно составляет < 50 тыс. м³/год в береговой зоне внутренних и окраинных морей¹. В береговой зоне циклонических регионов Мирового океана она может превышать, хотя и не часто, 150 тыс. м³/год. Получается, что емкость потоков в «галечной береговой зоне» выше, чем в песчаной, но мощность — ниже, что является существенным отличием. В то же время основная трасса движения гальки гораздо менее узкая, в основном в прибойной зоне, в отличие от «песчаной береговой зоны». Наконец, движение галечных наносов использует меньшее число волновых штормов, а для перемещения в штормовых подвижках используются волновые давления, в то время, как в движении песчаных наносов принимают участие также и волновые течения.

¹ См. другую статью Ю.Д.Шуйского, Г.В.Выхованец и Л.В.Орган в этом номере журнала Причерноморского Экологического Бюллетеня.

Выводы

Изложенные исходные положения необходимы для понимания процессов развития береговой зоны при планировании, строительстве и эксплуатации берегозащитных сооружений, при оценке их эффективности, характере влияния сооружений на сопредельные берега и сопредельных берегов - на сооружения.

Береговая зона расчленена на отдельные системы («ячейки»), в пределах которых действует один вдольбереговой поток наносов. Режим этого потока во многом зависит от состава наносов. Методически верно рассчитывать данный режим отдельно для каждой литодинамической ячейки.

Литература

1. *Генеральная Схема* противооползневых и берегозащитных мероприятий на побережье Черного моря в пределах Украинской ССР // Минжилкоммунхоз Украинской ССР: Под ред. В.А.Заярного. - Киев, 1977. - 210 с.
2. *Зенкович В. П.* Основы учения о развитии морских берегов. - Москва: Изд-во СССР, 1962. - 710 с.
3. *Кжнадзе А.Г.* Районирование береговой зоны по общей балансовой оценке ее динамического состояния для подбора наиболее оптимальных мер берегозащиты // Труды Груз. Политех, инст. - 1972. - № 4. - С. 14-19.
4. *Руководство по методам исследований* и расчетов перемещения наносов и динамики берегов при инженерных изысканиях // Под ред. М.Н. Костяницыча, Л.А. Логачева, В.П. Зенковича.- Москва: Гидрометеиздат, 1975. - 240 с.
5. *Шуйский Ю.Д.* Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей . - Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. - 240 с.
6. *Шуйский Ю.Д.* Баланс наносов в береговой зоне и значение его исследования // Проблемы развития морских берегов: Сб. научн. трудов. - Отв. ред. Н.А.Айбулатов. - Москва: ИОАН СССР, 1989. - С. 17-22.
7. *Шуйский Ю.Д.* Опыт изучения защитных сооружений на песчаных берегах Черного моря // География и природы, ресурсы. - 1996. - № 1. - С. 37-43.
8. *Шуйский Ю.Д.* Основные особенности природы приморско-оползневого типа физико-географической местности (на примере северных берегов Черного моря) // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. - 2008. - № 1. - С. 22-31.
9. *Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В.* Экзогенные процессы развития аккумулятивных берегов в северо-западной части Черного моря. - Москва: Недра, 1989. - 198 с.
10. *Inman D.L., Brush B.M.* The coastal challenge // Science. - 1973. -V. 181.-№ 4094. - P. 20-32.
- // *Pierce J.W.* Sediment balance in the shore zone // Quatern. de la Ricerca Scientifica. - 1976. - № 94. - P. 179-220.