БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ • BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
ПРОБЛЕМИ НА ГЕОГРАФИЯТА • 3–4 • PROBLEMS OF GEOGRAPHY
София • 2022 • Sofia

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПЕСЧАНЫХ ПЛЯЖЕЙ НА БЕРЕГАХ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ

Юрий Шуйский[1], *Галина Выхованец*[1], *Алексей Давыдов*[2]

DOI: 10.35101/prg-2022.3-4.5

Представленная публикация посвящена очень важной теоретической и практической проблеме: созданию и функционированию искусственных пляжей, используемых для защиты абразионных морских берегов. В статье изложены материалы многолетних исследований в береговой зоне неприливных морей. По результатам исследований было обосновано и подтверждено правило создания устойчивых искусственных песчаных пляжей. В основе этого правила положена идея о перераспределении волновой энергии с абразионного на аккумулятивный режим. Именно поэтому, в условиях песчаных берегов Черного моря нужно использовать комплекс пляжевой отсыпки, в пределах гидротехнических сооружений, индивидуально для каждого участка береговой зоны, согласно закону географической локальности.

Ключевые слова: абразионный берег, не приливное море, песчаный пляж, искусственный пляж, берегозащита.

PROBLEMS WITH THE FORMATION AND FUNCTIONING OF ARTIFICIAL SAND BEACHES ON THE BLACK AND AZOV SEA COASTS

Yuriy Shuisky, Galina Vykhovanetz, Aleksey Davydov

Abstract. The coastal zone of the seas and oceans in origin, formation, structure, and economic purpose fundamentally differs from natural and natural-anthropogenic land systems. At the same time, it is the most dynamic natural system in the geographic envelope,

[1] Кафедра физической географии, природопользования и ГИС-технологий, Одесского национального университета имени И. И. Мечникова, physgeo_onu@ukr.net
[2] Кафедра географии и экологии, Херсонского государственного университета,Украина, svobodny.polet2012@gmail.com

so the results of any anthropogenic activity, manifested within its limits, have a very fast response. That is why all types of hydraulic engineering work, especially coastal protection, should be carried out only after scientific justification. It is important to note that in the Ukrainian coastal literature up to now there is no whole, unified, complex justification for coast protection, presented according to the genetic principle. That is why we consider the presented publication as the first step towards such a justification. The work aims to analyze the protection of abrasion coasts by methods of creating and operating artificial sandy beaches in the coastal zone of non-tidal seas and to develop appropriate recommendations. To achieve the aim, it is necessary to solve the following tasks: a) to develop a natural justification for the use of artificial sandy beaches in the coastal zone of non-tidal seas; b) to analyze the necessary physical and geographical conditions for the creation of artificial sandy beaches (slope, the presence of sediment, etc.); c) to study the possibility of using land and underwater sediment sources for artificial dumping; d) to analyze the use of combining artificial beaches with other hydraulic structures. All the tasks set in the complex are of significant practical importance, aimed at the conservation of coastal areas and the subsequent comprehensive geographic justification. This publication is based on the materials of many years of research on artificial sandy beaches in the coastal zone of non-tidal seas. According to the presented materials, the rule of creating sustainable artificial sandy beaches was substantiated and confirmed to optimize the coastal protection of abrasion shores. This rule is based on the idea of redistributing the impact of the wave energy from abrasion to accumulative mode. Therefore, in the conditions of the sandy shores of the Black Sea, it is necessary to use a complex of beach dumping, within the limits of longitudinal and transverse hydraulic structures, individually for each section of the coastal zone, according to the law of geographical locality. The paper substantiates the fundamental difference between an artificial beach and artificial sandy terraces. Coasts are most effectively protected from abrasion by beaches, and not by stable terraces. Unlike natural landscapes, in the complex systems of the coastal zone of the seas, the improvement of their condition is carried out in a fundamentally different way. One of the important methods of such improvement is the creation and operation of artificial sand and pebble beaches. In the region of the Black and Azov Seas, the creation and functioning of artificial sandy beaches take place under conditions of sediment deficit and the manifestation, simultaneously with wave action, of meteorological level fluctuations, which contributes to a strong loss of beach material. Considering that there is a shortage of sand material of the required quality in the adjacent coastal areas and on the underwater slope, the issue of sand loss is of key importance.

Key words: abrasion shore, non-tidal seas, sand beach, artificial beach, coastal protection.

ВВЕДЕНИЕ

Береговая зона морей и океанов является наиболее динамичной природной системой в географической оболочке (Пешков, 2003; Шуйский, 2018). Именно поэтому результаты любой антропогенной деятельности, проявляющиеся в ее пределах, имеют очень быструю ответную реакцию: от отдельного шторма до нескольких сильных волнений на море.

Описанные свойства береговых систем требуют долговременных (>20–25 лет) и регулярных инструментальных измерений, проводимых каждые 5–10 лет на абразионных участках (Шуйский, Симеонова, 1982), а также после каждого сильного ветрового волнения, с обеспеченностью до 1,5 %, на участках расположения аккумулятивных береговых форм рельефа (Шуйский, 1996). Проводимые в процессе прибрежного мониторинга измерения, должны определить

местоположение, методы, конструкцию, конструктивные строительные материалы защитных сооружений и средства защиты для сохранения берегов.

В идеале, берегозащитное строительство не нужно, если берега не освоены и не используются человеком, а развиваются в природном режиме самозащиты и самовосстановления. Если же природная береговая система является заповедной, а в ее пределах располагаются памятники природы и архитектуры, а также исторически значимые населенные пункты, то защита берега становится просто необходимой. В пределах населенных пунктов, где берега существенно застроены, их защита осуществляется, если стоимость антропогенного объекта больше сметной стоимости строительства и последующей гарантийной эксплуатации берегозащитного сооружения (Шуйский, 2001).

Важно отметить, что в украинской береговедческой литературе до настоящего времени нет цельного, единого, комплексного, по генетическому принципу представленного, обоснования берегозащиты. Именно поэтому, представленную публикацию мы рассматриваем, как первый шаг к такому обоснованию, в условиях развития географии в начале XXI столетия.

Целью работы является анализ защиты абразионных берегов, методами создания и эксплуатации искусственных песчаных пляжей, в береговой зоне неприливных морей (величина прилива ≤ 2 m) и разработка соответствующих рекомендаций.

Для достижения цели, необходимо решить следующие поставленные задачи: а) разработать естественное обоснование применения искусственных песчаных пляжей в береговой зоне неприливных морей; б) провести анализ необходимых физико-географических условий для создания искусственных песчаных пляжей (уклон, наличие наносов и т.д.); в) изучить возможность использования наземных и подводных источников наносов для искусственных отсыпок; г) проанализировать применение комбинирования искусственных пляжей с другими гидротехническими сооружениями.

Все поставленные задачи, в комплексе имеют существенное практическое значение, направленное на сохранение прибрежных территорий и последующее комплексное-географическое обоснование.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу данной публикации положены материалы многолетних исследований искусственных песчаных пляжей в береговой зоне неприливных морей, а также отдельных участков берега развивающихся в условиях приливно-отливных колебаний.

Вдоль берегов Черного моря стационарные исследования проводились в пределах Одесского берегозащитного комплекса, на участках берегозащиты в пределах берегов северо-западной части Черного моря, а также в районах Геленджикской бухты. На берегах Азовского моря изучение искусственных пляжей выполнялись в районах Таганрога и Бердянска.

Исследования искусственных пляжей на берегах развивающихся в условиях приливно-отливных колебаний, были нами проведены в районе косы Сэнди-Хук и пляжа Оушен-Сити (Атлантическое побережье США), а также на

побережье Адриатического моря в районе Венеции и в северо-восточной части Средиземного моря вблизи порта Мерсин (Шварц, Шуйский, 1989; Шуйский и др., 1998 а; Шуйский и др., 1998 б).

Также использовалась информация о натурных исследованиях других авторов, в частности, Р. Я. Кнапса (Кнапс, 1966), В. Л. Болдырева (Болдырев, 1982), Х. Д. Уолкера (Walker, 1988), К. Г. Кикнадзе (Кикнадзе и др., 1989), Н. А. Айбулатова (Айбулатов и др., 1992; Айбулатов, 2005), Л. А Жиндарева (Жиндарев, 1999), П. Аминти (Aminti, 2003). Все исследователи использовали стандартную методику, рекомендуемую для береговой зоны морей (Айбулатов, 2005, с.170), когда маршрутные обследования и описания, комбинируются со стационарными регулярными многократными съемками.

Камеральная обработка материалов полевых исследований выполнялась на кафедре физической географии, природопользования и ГИС-технологий Одесского национального университета имени И. И. Мечникова (Аналитическая лаборатория, Лаборатории ГИС, Картографическая лаборатория), а также на кафедре географии и экологии Херсонского государственного университета.

РАССМОТРЕНИЕ И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

ПРИРОДНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПЛЯЖЕЙ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ НЕПРИЛИВНЫХ МОРЕЙ

Береговая зона неприливных морей развивается под влиянием механической гидрогенной энергии, преимущественно ветровых волн, волновых течений и сгонно-нагонных колебаний (Шуйский, 2018). Прибрежно-морское поле энергии, в очаге ее диссипации на прибрежных отмелях, имеет чрезвычайно большое напряжение, именно поэтому в береговой зоне разрушаются любые стойкие горные породы и крепкие гидротехнические сооружения. При этом проявляются абразионные процессы, обуславливающие формирование клифов и бенчей (Шуйский, Симеонова, 1982).

Общая длина абразионных берегов Мирового океана составляет около 65 % от планетарной береговой линии. В пределах Черного моря абразионные берега составляют 47,7 %, в Азовском – 22,6 %, в Балтийском – 20,1 %, соответственно тема нашей работы имеет большую актуальность. Вдоль 45 % абразионных берегов Мирового океана, проявляются достаточно значительные скоростями абразии и отступления клифов (измеряются от ≥0,1 м/год), при этом рядовые максимумы составляют до 6-7 m/год в течение десятков лет (Шуйский, 2018).

Естественной защитой абразионных форм рельефа, в различных физико-географических условиях, являются пляжи, расположенные вдоль подножья активных клифов и на подводном склоне. Природа гидрогенного механического энергетического процесса такова, что волновая энергия тратится по двум направлениям: а) для переработки пляжных наносов; б) для абразионного разрушения клифов и бенчей. Согласно правилу Шуйского (Шуйский и др., 1973): чем больше волновой энергии расходуется на механически-дифференцированную переработку наносов волнового поля, тем меньше энергии тратится для абразионного разрушения берегов, и наоборот, чем меньше энергии тратится

на переработку наносов, тем больше энергии будет задействовано на абразию клифов и бенчей, что приводит к разрушению и отступлению берегов.

На этом правиле, разработанном и сформулированном еще в 1973 г. (Шуйский и др., 1973), обосновано применение искусственных пляжей в условиях природного и антропогенного воздействия. Следовательно, повышенная интенсивность волновой энергии активизирует переработку наносов, а это всегда ведет к потерям массы пляжного песка (Shuisky, 1994). Любое уменьшение энергетического напряжения обуславливает снижение динамичности пляжей и наносодвижущей способности волновых потоков, что ведет к сохранению и накоплению пляжей.

Таким образом, для сохранения искусственных пляжей и их берегозащитной способности особенно важно снижение волновой энергии. Именно для этого используются комбинированные сооружения — пассивные и активные в комплексе вместе с пляжными отсыпками на отдельных участках.

НЕОБХОДИМЫЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПЕСЧАНЫХ ПЛЯЖЕЙ

Долгосрочные инструментальные исследования искусственных пляжей и других берегозащитных сооружений выполняются регулярно и уже почти 70 лет, кафедрой физической географии, природопользования и ГИС технологий ОНУ имени И.И. Мечникова, (Аксентьев, 1960; Бертман, Шуйский, 1983). Сначала исследовалась бунная защита, а также пассивная защита, затем — комбинации пляжей, бун и волноломов, а затем — свободные неограниченные пляжи, как песчаные, так и гравийно-галечные (Вихованець и др., 2014; Вихованець и др., 1921; Шуйский, 2010; Shuisky, Schwartz, 1979, 1980).

Нами установлено, что минимальные потери песка, даже на неограниченных пляжах, могут быть достигнуты за счет применения оптимальной формы отсыпки и соответствующим составом наносов (рис. 1). Был также разработан комплексный физико-географический подход к выбору местоположения, величине и форме отсыпки, составу наносов, выбору режима развития пляжа, профилю прибрежного дна и др. (Шуйский, 2010).

При этом мы исходим из концепции, что пляжи формируются в условиях активного воздействия штормовых накатов и процессов диссипации волновой механической энергии. Поэтому реальный пляж мы считаем подвижным, а если волновая переработка не ведет к быстрому размыванию, такой пляж динамично стабильный, в нем песок перемывается и регулярно переоткладывается. Нами определено четыре основных техногенно-природных способа защиты берегов:

А) *Пассивный* способ защиты с помощью стен и реветментов разных типов и каменных набросков (в т.ч. фигурных). Они рассчитаны на сопротивление очень жестких горных пород, силе ветровых волн. При этом такое сопротивление быстро преодолевается и победа на стороне волн;

Б) *Пассивно-активный* способ защиты с помощью прибрежных форм-аналогов, основанный на способности отдельных форм берегового рельефа гасить волновую энергию и не допускать ее к абразионным участкам;

Рис. 1. Неограниченный искусственный песчаный пляж, длиной 400 м, примыкающий к террасированному клифу, в городе Черноморск (фото Шуйского, декабрь 2017 г.)

В) *Средство активной берегозащиты* является многоотраслевым и основывается на создании таких гидротехнических сооружений, которые «провоцируют» накопление наносов в пределах подножья активных клифов и способствуют прекращению абразии и разрушению береговой территории. Защита участков размыва на наветренной стороне искусственных преград осуществляется по схеме «bypassing»;

Г) *Способ создания искусственных пляжей* (в том числе «свободных, не ограниченных гидротехническими сооружениями»), как ответ на острый дефицит наносов и отсутствие надлежащих размеров пляжей (или их искусственного уничтожения). Следовательно, берега насыщаются наносами, доставляемыми транспортом в необходимом количестве, а основное количество волновой энергии начинает тратиться на переработку наносов, а не на разрушение абразионного рельефа в соответствии с *правилом Шуйского*.

Каждый из представленных способов защиты (А-Г) характеризуется различными вариантами, в зависимости от ориентации гидротехнических сооружений и локальных физико-географических условий. Сооружения распределяются на поперечные и продольные. К поперечным отнесены буны, траверсы, молы, а к продольным, волноломы, прерывистые блокирующие сооружения, прибрежные искусственные острова. Миксами можно считать Т-образные траверсы углах которых формируются скопления песков (рис. 2).

Рис. 2. Внешний вид Т-образной буны на западном берегу Черного моря в Румынии (фото Шуйского)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПЛЯЖЕЙ С ГИДРОТЕХНИЧЕСКИМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Наиболее типичным примером применения искусственных пляжей для защиты берегов от абразии, является Одесский берегозащитный комплекс (Shuisky, 1994 a; Шуйский, 2010; Вихованець и др., 2021). Вдоль одесского берега Черного моря, на протяжении более 12 km были отсыпаны искусственные пляжи, что позволило перенаправить волновую энергию от абразионно-оползневого процесса на переработку наносов пляжей.

Чтобы исключить быструю переработку пляжей и сдвигание блоков на подводном склоне, были применены очень дорогостоящие гидротехнические сооружения — окаймляющие траверсы, волноломы, защитные стены, каменные наброски и реветменты (рис. 3). В данном случае искусственно было уменьшена энергия воздействия волн, снизилась динамичность отсыпанных пляжей и они превратились в более стабильные, став надежной защитой абразионные берега. При этом крутые абразионно-оползневые клифы были террасированы, как показано на рис. 1.

Однако, следует отметить, что в образовавшихся пляжоудерживающих «бассейнах», стала проявляться негативная санитарная ситуация, связанная с застаиванием и загрязнением воды. Для решения этой проблемы, в сплошных окаймляющих по контуру «бассейнов» сооружений, были образованы прораны для эффективного водообмена. Однако при этом расход пляжного песка увеличился на 6-17 % в год, от количества первичной отсыпки, в разных пляжоудерживающих бассейнах комплекса.

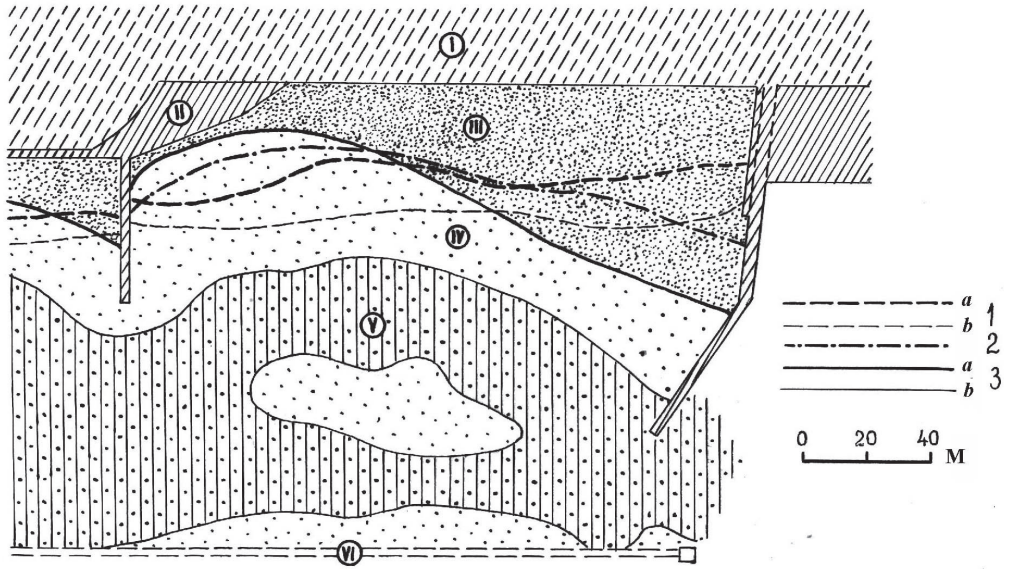

Рис. 3. Схема строения пляжоудерживающей ячейки в составе Одесского противооползневого и берегозащитного комплекса в 70-х годах XX века. Ведущие элементы комплекса: I — искусственно измененный сдвижной склон, высота 42 m; II — подпорная кладка вдоль подножья клифа; III – надводная часть искусственного пляжа через 2 года после его создания и формирования; IV – подводная часть искусственного пляжа; V – глинистая поверхность подводного склона, где нет наносов; VI – подводный волнолом, на его верхушке глубина 0,3 m. Время топографических съемок: 1 – через 2 месяца после отсыпки искусственного пляжа 17.07.1972 г., a – береговая линия пляжа, b – внешняя граница подводного пляжа; 2 – береговая линия пляжа 10.07.1973 г.; 3 – съемка 28.01.1974 г.: a – береговая линия, b – внешняя граница подводного пляжа на дне ячейки (составлено Шуйским)

Нами было установлено, что основная масса песков концентрируется на подветренной стороне траверсов и бун в волновой тени. При этом состав первичных наносов изменялся, что дало возможность определить их оптимальные размеры для функционирования искусственных пляжей.

Важное значение также имели натурные исследования в районах Очакова и Коблева, где были получены другие выводы. В пределах берегов, представленных населенных пунктов, применялось комбинирование гидротехнических сооружений (рис. 4). Прежде всего использовались короткие буны (длина ≤ 30 m) и фигурные вогнутости в расчете на естественное заполнение песком и образование искусственных пляжей. При этом описанные сооружения должны были функционировать в условиях дефицита наносов и малых уклонов подводного склона ($i_2 \approx 0{,}015$).

В большинстве случаев накопления песка в пределах комплекса были очень скудны, в течение 3-5 месяцев только до 5-7 m^3/m, что недостаточно для защиты клифов и бенчей от абразии. В дальнейшем песчаный пляж неоднократно размывался, в течение отдельных волнений, а затем восстанавливался, в изначальных мизерных параметрах.

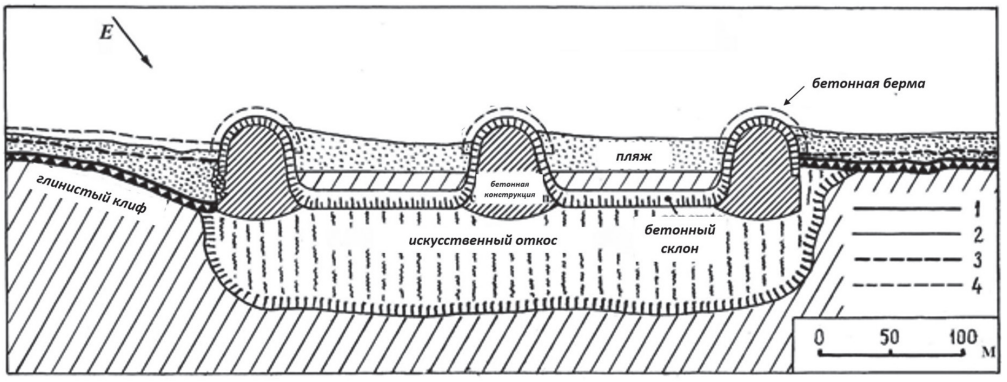

Рис. 4. Прерывистые фигурные бетонные бермы и пляжи между ними, задуманные для защиты глинистого абразионно-овального клифа к западу от порта Очаков (северный берег Черного моря). 1 – верхняя бровка клифа после создания сооружения; 2 – береговая линия после постройки сооружения; 3 — верхнее ребро клифа для построения фигурного сооружения; 4 – береговая линия до построения бетонного сооружения

Как видим, в условиях абразионных берегов Черного моря применение коротких бун для формирования песчаных пляжей неудачно и неэффективно. К тому же, в отличие от общепризнанного в литературе, в межбунных «карманах» основная часть пляжа сконцентрировалась в подветренном углу. Под действием ветров от морской стороны горизонта в «карманах» формируется нагон воды, а при последующей денивеляции нагона, пляжный песок выносится в открытое море, на внешнюю часть подводного склона.

ОБ ИСТОЧНИКАХ НАНОСОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПЛЯЖЕЙ

Многолетний опыт исследований различных берегов, позволяет нам утверждать, что особенно актуальна берегозащита, на участках, развивающихся в условиях дефицита наносов. Следовательно, при создании большинства искусственных песчаных пляжей, нельзя надеяться на то, что пляж возобновится естественным образом. Поэтому существует объективная необходимость в дополнительной отсыпке песка из окрестных районов суши или с морского дна.

Вдоль побережья Причерноморской низменности, достаточно широкое распространение имеют континентальные песчаные природные комплексы, однако они являются очень хрупкими, неустойчивыми, крайне уязвимыми, с очень подвижным рельефом и с уникальными ассоциациями растений и животных (часто входящих в Красную книгу). Аналогичная ситуация проявляется и на морском дне, в пределах которого толщи донных осадков несут в себе бентосные формы, которые является основным питанием для рыб, крабов, моллюсков и др.

Соответственно, необходимого количества песчаного материала для искусственных пляжей в пределах Причерноморской низменности нет. Имеющиеся месторождения непригодны по качеству, а поэтому их использование неэффективно. Например, переброс пылеватых, мелкозернистых песков из Одесской

подводной банки, на пляжи Одесского берегозащитного комплекса, в количестве 460 тыс. тонн, осенью 2007 года, привело к потере половины этого количества уже следующим летом (Шуйский, 2010).

Иные природные условия характерны для Геленджикской бухты (Черное море). Большие искусственные отсыпки песков на пляжи были сделаны в условиях существенно ослабленного волнового воздействия (рис. 5). Там в 1971 г. был создан «свободный неограниченный пляж» с конечной длиной в 1200 m, а шириной до 100 m (Айбулатов и др., 1992).

Количество отсыпанного песчано-ракушечного материала, с примесями гравия, составляло 82 тыс.m^3 в 1971 г., при длине участка в 800 m (в среднем 105 m^3/m), в 1975 г. — 163 m^3/m, а в 1996 г. — уже 97 m^3/m, в условиях очень полого подводного склона ($i_2 \approx 0{,}010$). Следует отметить, что этого количества недостаточно для условий открытого морского берега за пределами бухты, где крутизна подводного склона равна $i_2 \approx 0{,}035$. Позднее отсыпки наносов были значительно дополнены.

К 2005 г., в течение 25 лет удельные потери песка составляли 1,45 % в год от величины 1971 г., т.е. 1190 m^3/год. Это очень большое количество даже для полузакрытой акватории, где высоту ветровой волны в 2,5 m можно встретить один раз за 50-60 лет. Выходит, что почти все количество отсыпанного материала не подвергалось глубокой волновой переработке в течение многих лет, поэтому на наш взгляд нельзя назвать Геленджикскую отсыпку пляжем в классическом смысле этого слова. Отсыпка полностью не перерабатывается волнами, естественно не промывается морской водой, покрыта частично наземной растительностью, является средой обитания растений и животных, которые в толще песчаных пляжах не живут, на ее поверхности начал формироваться грунтовый слой, нетипичный для песчаных пляжей.

Аналогичный «пляж» был создан на берегу Азовского моря в Таганроге, в условиях активного поступления илистого материала, очень полого подводного

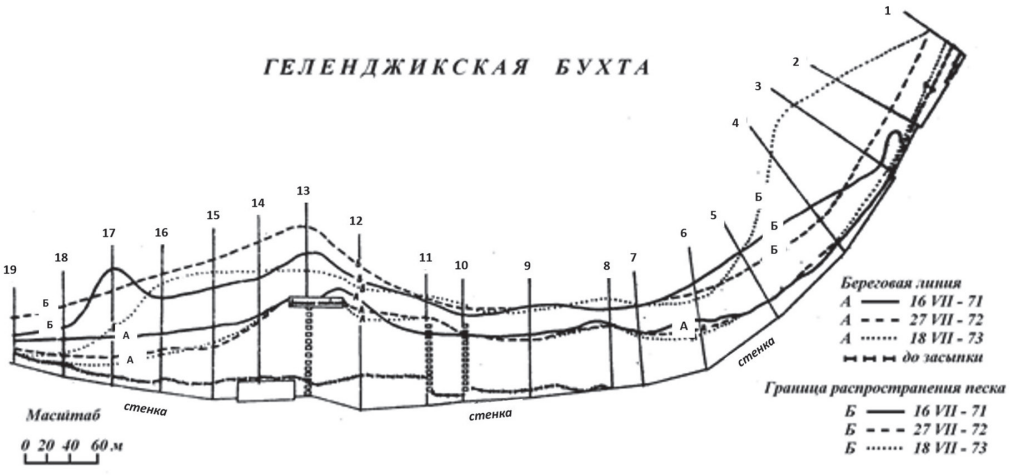

Рис. 5. Изменение береговой линии и песчаных полей в первый период существования пляжа (по материалам Айбулатова и др. 1992).

Рис. 6. Искусственный пляж в селе Фонтанка к западу от Одесского залива, Черное море (фото Стояна)

склона ($i_2 < 0{,}005$), неактивного волнового воздействия, но при развитии очень сильных сгонно-нагонных колебаний.

В 1976-1978 гг. вдоль почти 800 m было отсыпано более 1,8 млн m^3 пылеватых аллювиальных песков с примесями морского песка и раковинного детрита в удельном количестве 2275 m^3/m, шириной более 100 m. В условиях крайне слабого волнового воздействия была наращена береговая территория, за счет очень дорогой песчаной массы, ставшей стабильной искусственной террасой, которая затапливалась нагонными водами во время мощных западных ветров. При этом волновой переработки подвергалась только внешняя узкая полоса, а остальная часть террасы развивалась в аэральных условиях. По своим защитным свойствам, «таганрогская песчаная терраса» схожа с террасой в Геленджикской бухте.

Аналогичное развитие испытал свободный неограниченный песчаный пляж в районе поселка Фонтанка к западу от мыса Северный Одесский (рис. 6). Он был создан из пылеватых песков Одесской банки, в пределах искусственных изгибов, в условиях очень слабого Аджиякского вдольберегового потока песчаных наносов, острого дефицита наносов и сильного ледяного механического воздействия зимой (Вихованець и др., 2014).

Иными словами, условия окружающей среды были неблагоприятными для создания «свободного» песчаного неограниченного пляжа, удельной емкостью менее 15 m^3/m (в только в одной вогнутости), а с глубины 0,4 m песок отсутствует полностью, а на дне распространена глинистая поверхность без наносов, которая сильно размывается волнами. При этом в пределах остальных вогнутостей пляжи совсем отсутствуют.

В таких условиях уже через 1 год этот пляж потерял до 45 % количества своих наносов, которые были слишком мелкими, что не соответствовало напряжению волновой энергии прилегающей акватории. Во время волнений прибрежные воды насыщаются илами, становятся мутными, что наряду с существенными потерями песчаного материала, не позволяют использовать пляж в рекреационных целях.

ВЫВОДЫ

Береговая зона морей и океанов по происхождению, формированию, структуре, динамике и хозяйственному назначению принципиально отличается от природных и природно-антропогенных систем на суше («ландшафтов»). Следовательно, улучшение условий природопользования, в том числе с помощью искусственных пляжей, принципиально отличается от мелиорации ландшафтов на суше.

Для оптимизации берегозащиты с помощью искусственных песчаных пляжей разработано, обосновано и подтверждено правило создания устойчивых берегозащитных пляжей. В основе этого правила положено перераспределение воздействия волновой энергии с абразионного на аккумулятивный режим. Поэтому в условиях песчаных берегов Черного моря нужно использовать комплекс пляжевой отсыпки, продольных и поперечных гидротехнических сооружений, индивидуально для каждого участка береговой зоны, согласно закону географической локальности.

В работе обосновывается принципиальная разница между искусственным пляжем и искусственными песчаными террасами. Берега от абразии наиболее эффективно защищаются именно пляжами, а не стабильными террасами. В отличие от природных ландшафтов, в комплексе систем береговой зоны морей улучшение их состояния выполняется принципиально по-другому. Одним из важных методов такого улучшения является создание и эксплуатация искусственных песчаных и галечных пляжей.

В регионе Черного и Азовского морей создание и функционирование искусственных песчаных пляжей происходит в условиях дефицита наносов и проявлением одновременно с волновым воздействием, метеорологических колебаний уровня, что способствует сильной потери пляжевого материала. Учитывая, что на прилегающих прибрежных территориях и на подводном склоне, существует дефицит песчаного материала необходимого качества, вопрос потери песка имеет ключевое значение.

ЛИТЕРАТУРЫ

Айбулатов, Н. А., Кочергин, А. Д., Минеев, Г. Г., Косьян, Р. Д. 1992. Об эволюции профиля подводного берегового склона при вдольбереговом перемещении наносов и повышении уровня моря. Эволюция берегов в условиях поднятия уровня Океана. Москва: Наука, с. 39–57. / Aybulatov, N. A., Kochergin, A. D., Mineyev, G. G., Kos'yan, R. D. 1992. Ob evolyutsii profilya podvodnogo beregovogo sklona pri vdol'beregovom peremeshchenii nanosov i povyshenii urovnya morya. Evolyutsiya beregov v usloviyakh podnyatiya urovnya Okeana. Moskva. Nauka, pp. 39–57. (Ru)

Айбулатов, Н. А. 2005. Деятельность в прибрежной зоне морей России и проблемы экологии. Москва: Наука, 364 с. / Aybulatov, N. A. 2005. Deyatel'nost' v pribrezhnoy zone morey Rossii i problemy ekologii. Moskva: Nauka, 364 s. (Ru)

Аксентьев, Г. Н. 1960. Результаты наблюдений за абразионной деятельностью Черного моря у берегов Одессы. Труды Одесского государственного университета имени И. И. Мечникова. Серия геологических и географических наук. Том 150, Вып. 7, с. 131–138. / Aksent'yev, G. N. 1960. Rezul'taty nablyudeniy za abrazionnoy

deyatel'nost'yu Chernogo morya u beregov Odessy. Trudy Odesskogo gosudarstvennogo universiteta imeni I. I. Mechnikova. Seriya geologicheskikh i geograficheskikh nauk. Tom 150, Vyp. 7, pp. 131–138. (Ru)

Бертман, Д. Я., Шуйский, Ю. Д. 1983. Искусственные формы рельефа как средство защиты морских берегов от разрушения. Физическая география и геоморфология, Вып. 29, с. 127–134. / Bertman, D. Ya., Shuyskiy, Yu.D. 1983. Iskusstvennyye formy rel'yefa kak sredstvo zashchity morskikh beregov ot razrusheniya. Fizicheskaya geografiya i geomorfologiya, Vyp. 29, pp. 127–134. (Ru)

Болдырев, В. Л. 1982. Основные принципы укрепления песчаных берегов. Baltica, V. 7, с. 215–221. / Boldyrev, V. L. 1982. Osnovnyye printsipy ukrepleniya peschanykh beregov. Baltica, V. 7, pp. 215–221. (Ru)

Вихованець, Г. В., Гижко Л. В., Муркалов, О. Б., Юраш, А. С. 2021. Про захист абразійно-обвальних берегів Чорного моря штучними пляжами (на прикладі Бурнаської ділянки). Одеса: ОНУ, с. 151–155. / Vykhovanets′, H. V., Hyzhko L. V., Murkalov, O. B., Yurash, A. S. 2021. Pro zakhyst abraziyno-obval′nykh berehiv Chornoho morya shtuchnymy plyazhamy (na prykladi Burnas′koyi dilyanky). Odesa: ONU, pp. 151–155. (Ukr)

Выхованец, Г. В., Муркалов А. Б., Стоян А. А. 2014. Динамическая устойчивость размеров песчаных пляжей в береговой зоне Черного моря. Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки, Т. 19 (1), Вип. 1, с. 58–70. / Vykhovanets, H. V., Murkalov A. B., Stoyan A. A. 2014. Dynamycheskaya ustoychyvost′ razmerov peschanykh plyazhey v berehovoy zone Chernoho morya. Visnyk Odes′koho natsional′noho universytetu. Heohrafichni ta heolohichni nauky, T. 19 (1), Vyp. 1, pp. 58–70. (Ru)

Жиндарев, Л. А. 1999. Зашита морских берегов. Российский географический журнал, № 1, с. 36–37. / Zhindarev, L. A. 1999. Zashita morskikh beregov. Rossiyskiy geograficheskiy zhurnal, № 1, pp. 36–37. (Ru)

Кикнадзе, А. Г., Меладзе, Ф. Г., Сакварелидзе, В. В. 1989. От берегоукрепления — к регулированию процессов берегоформирования. Проблемы развития морских берегов, Москва: АН СССР, с. 97–107. / Kiknadze, A. G., Meladze, F. G., Sakvarelidze, V. V. 1989. Ot beregoukrepleniya — k regulirovaniyu protsessov beregoformirovaniya. Problemy razvitiya morskikh beregov, Moskva: AN SSSR, pp. 97–107. (Ru)

Кнапс, Р. Я. 1966. О способах укрепления песчаных берегов. Труды ВНИИ транспорта и строительства, Вып. 40, с. 58–91. / Knaps, R. Yф. 1966. O sposobakh ukrepleniya peschanykh beregov. Trudy VNII transporta i stroitel'stva, Vyp. 40, pp. 58–91. (Ru)

Пешков, В. М. 2003. Береговая зона моря. Краснодар, Лаконт, с. 350. / Peshkov, V. M. 2003. Beregovaya zona morya. Krasnodar, Lakont, 350. (Ru)

Шварц, М. Л., Шуйский, Ю. Д. 1989. Основные черты развития берегов Соединенных Штатов Америки. Проблемы развития морских берегов. Москва: АН, с. 55–67. / Shvarts, M. L., Shuisky, Yu. D. 1989. Osnovnyye cherty razvitiya beregov Soyedinennykh Shtatov Ameriki. Problemy razvitiya morskikh beregov. Moskva: AN, pp. 55–67. (Ru)

Шуйский, Ю. Д. 1996. Опыт изучения защитных сооружений на песчаных берегах Черного моря. География и природные ресурсы, № 1, с. 37–43. / Shuisky, Yu. D. 1996. Opyt izucheniya zashchitnykh sooruzheniy na peschanykh beregakh Chernogo morya. Geografiya i prirodnyye resursy, № 1, pp. 37–43. (Ru)

Шуйский, Ю. Д. 2001. Основы стратегии строительства в береговой зоне Черного и Азовского морей. Исследования береговой зоны моря. Киев: Карбон Лтд, с. 8–24. / Shuisky, Yu. D. 2001. Osnovy strategii stroitel'stva v beregovoy zone Chernogo i Azovskogo morey. Issledovaniya beregovoy zony morya. Kiyev: Karbon Ltd, pp. 8–24. (Ru)

Шуйский, Ю. Д. 2010. Развитие берегозащитных сооружений на берегу Черного моря в пределах Одессы. Причерноморский экологический бюллетень, № 4 (38), с. 56–80. / Shuisky, Yu. D. 2010. Razvitiye beregozashchitnykh sooruzheniy na beregu Chernogo morya v predelakh Odessy. Prichernomorskiy ekologicheskiy byulleten', № 4 (38), pp. 56–80. (Ru)

Шуйский, Ю. Д. 2018. История развития и методология береговедения. Одесса, Астропринт, с. 448. / Shuisky, Yu. D. 2018. Istoriya razvitiya i metodologiya beregovedeniya. Odessa, Astroprint, pp. 448. (Ru)

Шуйский, Ю. Д., Симеонова, Г. А. 1982. Относно типовите абразионне клифове, разпространени по Българските брегове на Черно море. Инженерна хеология и хидрогеология (София), Кн. 12, с. 11–22. / Shuisky, Yu. D., Simeonova, G. A. 1982. Otnosno tipovite abrazionne klifove, razprostraneni po Bŭlgarskite bregove na Cherno more. Inzhenerna kheologiya i khidrogeologiya (Sofiya), Kn. 12, c. 11–22. (Bg)

Шуйский, Ю., Попов В. 1977. Потоците наноси на Българското Черноморска брегова зона. Природа (София). Год. 24, Кн. 2, с. 43–47. / Shuisky, Yu., Popov V. 1977. Pototsite nanosi na B»lgarskoto Chernomorska bregova zona. Priroda (Sofiya). God. 24, Kn. 2, pp. 43–47. (Bg)

Шуйский, Ю. Д., Савченко, М. И., Бертман, Д. Я. Кузнецов, В. П. 1973. Динамика песчаных искусственных пляжей Одесского побережья. Тезисы докладов 13 Научной Конференции по изучению морских берегов: Комиссия АН СССР по проблемам Мирового океана. Одесса-Ялта, с. 88–90. / Shuisky, Yu. D., Savchenko, M. I., Bertman, D. Ya. Kuznetsov, V. P. 1973. Dinamika peschanykh iskusstvennykh plyazhey Odesskogo poberezh'ya. Tezisy dokladov 13 Nauchnoy Konferentsii po izucheniyu morskikh beregov: Komissiya AN SSSR po problemam Mirovogo okeana. Odessa-Yalta, pp. 88–90. (Ru)

Шуйський, Ю., Терранова Р., Споторно, М., Брандоліні, П. 1998 а. Природні умови формування штучних пляжів на берегах Чорного і Середземного морів. Вісник Одеського державного університету. Природничі науки, № 2, с. 74–79. / Shuisky, Yu., Terranova R., Spotorno, M., Brandolini, P. 1998 a. Pryrodni umovy formuvannya shtuchnykh plyazhiv na berehakh Chornoho i Seredzemnoho moriv. Visnyk Odes′koho derzhavnoho universytetu. Pryrodnychi nauky, № 2, pp. 74–79. (Ukr)

Шуйський, Ю., Четін, Х., Демірколь, Д. 1998 б. Досвід використання берегозахисних споруд на північно-східних берегах Середземного моря в межах Туреччини. Вісник Одеського державного університету. Природничі науки, № 2, с. 70–73. / Shuisky, Yu., Chetin, Kh., Demirkol′, D. 1998 б. Dosvid vykorystannya berehozakhysnykh sporud na pivnichno-skhidnykh berehakh Seredzemnoho morya v mezhakh Turechchyny. Visnyk Odes′koho derzhavnoho universytetu. Pryrodnychi nauky, № 2, pp. 70–73. (Ukr)

Aminti, P. L. 2003. New trend in coastal protection – recent experiences in Italy. Proceedings of the International Symposium "Coastal zone '03" (Poland Gdansk) (ed. Z.A. Pruszak), Gdansk: IBW PAN Publ., pp. 89 – 114.

Shuisky, Yu. D. 1994 a. An Experience of Studying Artificial Ground Terraces as a Means of Coastal Protection. *Ocean & Coastal Management* (UK). Vol.22, pp. 127-139.

Shuisky, Yu. D. 1994 б. The impact of artificial negative relief forms on the coastal zone of Seas. *Cahiers Nantais* (France). № 41-42, pp. 82 - 92.

Shuisky, Yu. D., Schwartz, M. L. 1979. Natural laws in the development of artificial sandy beaches. *Shore & Beach* (USA). Vol. 47, № 4, pp. 33–36.

Shuisky, Yu. D., Schwartz, M. L. 1980. Influence of beaches on development of coastal erosion slopes in the North-Western Part of the Black Sea. *Shore & Beach* (USA). Vol. 48, № 4, pp. 30–34.

Walker, H. J. (ed.), 1988. Artificial Structures and Shorelines. Dordrecht: Kluwer Academic.