

GEOGRAPHY

Об эффективности защиты от разрушения одесского Берега черного моря

Ю. Д. Шуйский

Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова, Украина
Corresponding author. E-mail: physgeo_onu@ukr.net

Paper received 01.02.17; Accepted for publication 05.02.17.

Аннотация. Применение защиты морских берегов должно учитывать особенности природы и гармонизировать с ней. Морской берег на территории Одессы как часть береговой зоны Черного моря сформировался и меняется по-другому, чем континентальные ландшафты. Поэтому берегозащита должна учитывать потоки энергии и вещества, особенности структуры и динамики береговой зоны, участие различных факторов и процессов формирования, назначения защитных сооружений в береговой зоне. Выполняется краткий анализ существующей берегозащиты. Каждый берегозащитный проект должен обеспечивать гармонию между защитным сооружением и береговой природной средой, т.е. обеспечивать назначение берегозащиты, ее длительную эксплуатацию, не наносить ущерба окружающей среде.

Ключевые слова: Черное море, берег, берегозащита, природа, вода, наносы.

Гидротехническое строительство в береговой зоне морей отличается высокой стоимостью, но затраты оказываются еще более объемными в процессе эксплуатации того или иного сооружения на абразионно-опасном участке [5, 6]. В большинстве случаев берега Черного моря (длина около 4100 км, с учетом малых заливов и бухт) подвергаются волновому разрушению, а потому теряют значительную площадь, до 100 га/год [1]. Важно, что вместе с обрушением береговой территории разрушаются дороги, коммуникации, рекреационные и жилые постройки, инфраструктура и пр. Следовательно, тема статьи имеет практическое значение и является **актуальной**. Ее исследование насчитывает более 200 лет, начиная от машинных технических действий по благоустройству Феодосии, Батуми, Трабзона, Бургаса, Варны, Одессы, Евпатории. На Черном море берегозащитному гидротехническому строительству большое внимание впервые стал уделять М.Н. Герсеванов (60-70-е годы XIX столетия), затем данную тему изучали В.Ю. Руммель, П.С. Чехович, А.М. Дранников, П.К. Божич, Д.Д. Свищевский, Н.Н. Джунковский, П. Бруун и др. Достаточно полный **обзор публикаций** по теме находим в ряде работ [1, 3, 4]. С международным опытом подобных исследований можно познакомиться в работе [7]. Она характеризует разнообразные «искусственные структуры» в береговой зоне, а их большая часть представлена берегозащитными, а также портовыми, свайными сооружениями, каналами, подводными карьерами, причалами и проч. Важно, чтобы они выполняли свое назначение, использовались максимально долго и не наносили ущерб ресурсам береговой зоны моря: в этом заключается их главная эффективность.

Данная тема давно волнует жителей приморских районов различных Черноморских Стран [3, 4]. Предпринимаются попытки предотвратить эти негативные явления. Но попытки редко приносят успех. Причины три: 1 – высокая стоимость строительства и эксплуатации берегозащитных сооружений; 2 – частое отсутствие необходимой квалификации по вопросам о природных причинах и механизмах, действующих в береговой зоне; 3 — технические трудности. В это связи

целью данной работы служит выявление научно-технических подходов для гармонизации искусственных сооружений и природных компонентов береговой зоны на примере Одесского берега Черного моря (рис. 1).

Материалы и методы исследований были обычными для данной темы [6, 7]. Основные материалы были получены автором в процессе экспедиционных натуральных исследований и многолетних инструментальных стационарных наблюдений, согласно методике [1, 5, 6]. Берега были картографированы в масштабе 1:25000. Под наблюдение было взято 7 берегозащитных сооружений, в т.ч. почти 12 км длины Одесский берегозащитный и противооползневой комплекс. В числе сооружений — буны, волноломы, стенки разных конструкций, внешние портовые молы, грунтовые террасы и проч. на берегу между м.Бугово на юго-западе и устье Сычавской балки на востоке. Длина берега составляет ≈ 65 км. Среди теоретических были использованы методы ретроспективный, картографический, систематизации, сравнительно-географический, аналитические, математической статистики.

Результаты и их обсуждение. Современный берег сформировался в голоцене, в процессе наступления вод Черного моря на берег в течение послеледниковой трансгрессии и затопления северо-западного шельфа [4]. Повышение уровня привело к соприкосновению уровня моря и нескольких малых складок, расчлененных разломами. По разломам заложились лиманы (Мал. Аджалыкский, Чабанский, Бол. Аджалыкский, Куяльницкий, Хаджибейский, Сухой). Высокий берег (водораздел) между нами стал срезаться волнами, которыми выработались активные клифы. Сложное геологическое строение коренного берега обусловило развитие абразионно-оползневых клифов. Поскольку клифы сложены в основном глинистыми породами, то абразионный источник наносов оказывается малопродуктивным. Крутой подводный склон приводит к смещению наносов на глубину и действию волн повышенной силы. В этой связи береговая зона испытывает острый дефицит наносов. Сложилась ситуация, по которым сильное действие волновой абразии и размывов явля-

ется сильным и непрерывным, а потому и потери береговой территории значительны. Вместе с разрушением берега быстро разрушаются различные постройки (рис. 2).

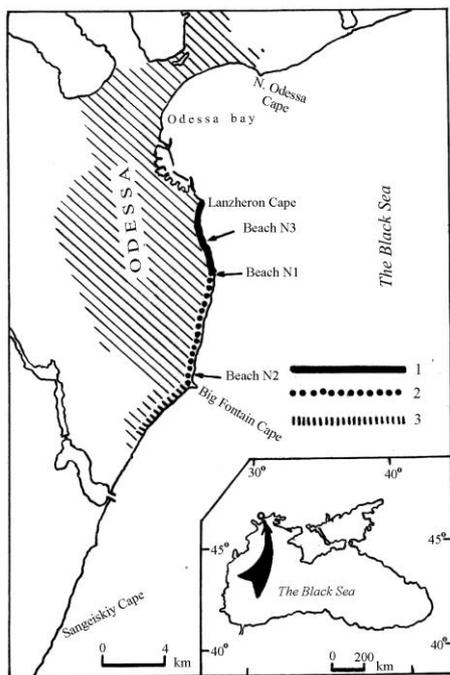


Рис. 1. Расположение берегозащитного комплекса на Одесском берегу Черного моря. Участки: 1 — между мысом Ланжерон и бухтой Аркадия; 2 — между бухтой Аркадия и мысом Большой Фонтан; 3 — между мысом Большой Фонтан и балкой Люстдорф. На врезке черной стрелкой показано общее положение изученного берега.



Рис. 2. Рекреационная застройка, не вписанная в природный режим развития берега, дома строились на берегу 30 лет назад в 60 м от береговой черты.

Соответственно, наличные запасы наносов на изученном Одесском побережье Черного моря были крайне невелики. Измерение линейных и объемных размеров пляжей в 105 точках показали средний их объем $12 \text{ м}^3/\text{м}$. Это в 10-11 раз меньше того объема, который обеспечивает защиту подножья клифов и поверхность аккумулятивных форм от влияния прибойного потока при повышенном нагонном уровне моря во время действия штормов. Такой недостаток наносов и столь малые пляжи постоянно держат волновую абразию. Следовательно, разрушение клифов, отступление

Между участками клифов в устьях лиманов образовались аккумулятивные замыкающие формы — пересыпи. В естественном состоянии они имели генетически сопряженную береговую линию с соседними абразионными участками у водоразделов. В условиях общего дефицита наносов высота пересыпей была небольшой, не более 1,5 м, береговая линия закономерно отступала вслед за соседними клифами. Поверхность пересыпей была лишена существенных эоловых форм берегового рельефа (высота $\leq 1,6 \text{ м}$). От Бол. Аджалыцкого в сторону Хаджибейского лимана распространялся мало мощный поток наносов, которым был создан широкий пляж в вершине Одесского залива, а со временем — пересыпи лиманов Хаджибей и Куяльник. И хотя потоки все же создавали «карманные» пляжи (правда, весьма мелкие) вдоль абразионных участков ($\leq 30 \text{ м}^3/\text{м}$ наносов), но остановить развитие оползней, отступление клифов и размыв аккумулятивных форм такие пляжи были не в состоянии. Они не представляли серьезной преграды для средних и сильных штормов (10% обеспеченности), как можно видеть на рис. 2. В целом основной принцип создания искусственных пляжей основывается на возможностях гашения волновой энергии: чем сильнее снижается энергия (волноломами, бунами, выемками и проч.), тем выше сохранность пляжей. В естественном состоянии искусственные отсыпки должны быть оптимальными: отсыпки больше оптимальных приводят к усиленным размывам и быстрым потерям дорогостоящих наносов, а при меньших отсыпках не достигается цель берегозащиты [5].

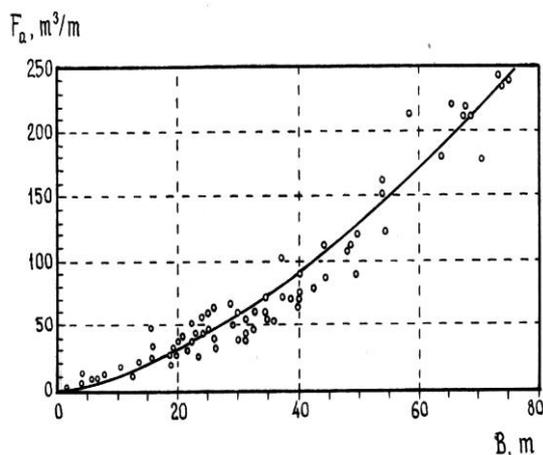


Рис. 3. Региональный график связи ширины песчано-гравийного пляжа B (м) и его удельного объемного раз-мера F_a ($\text{м}^3/\text{м}$) в береговой зоне.

берегов и разрушение всего построенного на берегу были заведомо запрограммированы природой. Поэтому для защиты берегов от разрушения было бы логичным возведение достаточно крупных искусственных пляжей, как это было сделано на Кавказских берегах Черного моря, на Ютландских берегах Северного моря, на Лигурийских берегах Средиземного моря и на многих других берегах [7].

Но в условиях острого дефицита наносов это было нереально. Сама по себе природа не могла создать такие пляжи даже с помощью активных гидротехниче-

ских сооружений, и не создавала, сколько бы ни было попыток. Мало того, построенные в помощь пляжам гидротехнические сооружения сами быстро разрушались. Но не только штормовыми волнами, но и под влиянием действия выпирания оползневых блоков на прибрежном мелководье, в 20-40 м от береговой линии, а также и действия льда в суровые зимы. Процесс выпирания разрушал фундамент («постель») волнолома, буны, ряжа или стенки, сминал их в обломки, а затем штормовыми волнами они удалялись в разные стороны. По этой же причине считанные месяцы держались искусственные пляжи в условиях весьма приглубого подводного склона. Поэтому в последующие годы производилась пригрузка оползневого склона искусственными террасами, гидротехническими сооружениями и отсыпкой искусственных пляжей. А одновременно снижалось напряжение оползневого склона путем его выполаживания до состояния слабо напряженного или вообще ненапряженного.

Аналогов создания успешной берегозащиты против обвальных и оползневых берегов при усиленном действии морских волн до середины XX века не было. Нужно было разработать и проектировать собственную конструкцию. Метод проб и ошибок на Одесских берегах продолжался в течение почти 150 лет, пока не было найдено комплексное решение, соответственно конкретным физико-географическим условиям, согласно накопленному опыту. На его основании в 1959 г. начал строиться Одесский берегозащитный и противооползневой комплекс. Он расположился вдоль 12,3 км длины береговой линии между мысами Ланжерон и Бол. Фонтан, включал в себя искусственные пляжи (32 шт.), огражденные один от другого крупными бунами. Чтобы пляжи не размывались и пляжевый песок не выносился в море, в 100-150 м от берега были установлены подводные волноломы. Чтобы обеспечить водообмен огражденных пляжеудерживающих бассейнов с открытым морем, волноломы были сделаны не сплошными, а с узким проливом. Комплекс был рассчитан на эксплуатацию до 25 лет. Свою задачу он выполнил в течение этого времени, хотя эксплуатационные расходы были весьма значительными и требовали больших ресурсов.

Полученный опыт показал, что применение подобных комплексов на других участках берега обходится дорого. Затраты не соответствуют эффективности и долговременности эксплуатации, они неадекватно велики. Поэтому еще в 1963 г. на выходе из порта Южный и на территории южной части пересыпи Сухого лимана (порт Ильичевск) были применены искусственные защитные террасы из естественной грунтовой массы. Эти сооружения выполняют несколько функций и характеризуются многоцелевой работой [5, 6]. Они одновременно защищают берег от абразии, позволяют утилизировать излишнюю грунтовую массу, не загрязняют прибрежную воду, являются субстратом для бентосных организмов, способных очищать воду, могут служить для размещения рекреационных построек и др. Поэтому их эффективность очень высока. Применение тормозится недостатком необходимого состава и количества грунтовой массы, а также неумением экологов, гидротехников и геологов рационально разместить и рассчитать размеры грунтовых террас.

По решению местных чиновников, на морском

сильно разрушаемом берегу в пределах поселков Черноморское и Фонтанка (средние скорости абразии до 2 м/год), высокий (до 45 м) глинистый клиф был выположен. Никакие сооружения применялись. В итоге оползневые подвижки сильно замедлились на короткий момент выполаживания. Но потом абразионная подрезка береговых склонов морскими волнами продолжалась. Через 1,5-3,5 года увеличился уклон берегового склона до состояния такого роста внутренних напряжений, что оползневые подвижки возобновились. Вначале склон покрылся мелкими трещинами, а затем — заколами. Причем, берег стал отступать с возросшими скоростями. Исполнение такого мероприятия может служить ярким примером непонимания механизмов развития активных береговых склонов и неграмотного вмешательства в природный процесс. Об этом же говорит рис. 2. Здесь в естественном состоянии берег отступал со скоростями до 2,5 м/год, экологи и строители считали, что строения будут в безопасности, если их расположить в 50-60 м от моря. Если бы они проконсультировались со знающими специалистами, то дома построили бы на 1-2 км в стороне, где берег стабильный, не разрушается и не отступает. Но они ни с кем не посоветовались. Такая ситуация является повсеместной на побережье Черного моря, что указывает на пренебрежение закономерностями развития морских берегов. И природа мстит (рис. 2).

Многолетнее отступление абразионно-обвального клифа на территории нового города Ильичевск привело к значительным потерям городской площади, поскольку скорости абразии были равны 1,2-1,8 м/год за период 1957-1984 гг. В качестве защиты от абразии в 1987 г. была применена подпорная бетонная конструкция в виде ступенчатого банкета вдоль подножья склона. Склон был выположен до 6°, террасирован, грунтовая масса от террасирования пошла на наращивание подножья. Морской край бетонной конструкции в плане представляет собой ряд вогнутостей. Проектировщики рассчитывали, что вогнутости будут рассеивать волновую энергию таким образом, что будут заполняться наносами и создавать крупный пляж, как указывают природные аналоги. Предполагалось, что пляж будет предохранять берег от разрушения и использоваться для размещения отдыхающих. Однако, в природе вогнутости берега являются наносонакопителями в условиях постоянной изменчивости. Именно динамичность определяет способность вогнутостей аккумулировать пляж. Поэтому, естественно, что в Ильичевске защитная конструкция является пассивной, пригружающей подножье берегового склона. Искусственная отсыпка всегда подвергается быстрому размыву, — береговая зона испытывает острый дефицит наносов. Поэтому она требует постоянного пополнения. В общем, данное берегозащитное сооружение сохраняет территорию Ильичевска, хотя и не является пляжеобразующим. К тому же оно требует постоянной дорогостоящей искусственной подсыпки наносов, и расходы огромны.

В процессе исследований были нанесены на карту участки, на которых пляжи надежно защищали морской берег, и он не разрушался. На других участках пляжи были небольшими, а потому не могли препятствовать штормовому разрушению клифов. Оказалось, что надежная защита берега бывает тогда, когда объ-

емный размер пляжа достигает ≥ 140 м/м, а высота $\geq 1,9$ м. Там, где в естественно виде она характеризуется указанным объемом, берегозащита не нужна, как и не нужна какая-либо застройка. Такие наносонасыщенные участки благоприятны для создания искусственного ландшафта и должны быть включены в состав заповедника с высочайшим уровнем заповедания.

Поучительным является сооружение малой гавани для хранения лодок и яхт на мысе Северном Одесском. Современные принципы берегового природопользования показывают необходимость учета направления действия вдольберегового потока наносов и понимания границ литодинамических систем. Данная малая гавань выходит на глубины около 3 м, а основная трасса перемещения наносов во вдольбереговом потоке локализована на глубинах 1,5-2,5 м. Следовательно, ограждающие сооружения гавани перекрыли основную трассу вдольберегового потока, который питал наносами пляжи Одесского залива (урочище «Лузановка») на пересыпях Хаджибейского и Куяльницкого лимана. В этой связи динамика пляжей поменялась с аккумулятивной на деструктивную, под влиянием чего размеры пляжей стали неуклонно сокращаться. Это привело к уменьшению их рекреационной емкости и необходимости ежегодного искусственного пополнения.

Выводы: Таким образом, можно заключить, что:

1. Одесское побережье, длиной около 65 км, насыщено различными гидротехническими сооружениями разной формы и размеров, возведенных с целью

предотвратить процессы абразии и потери береговой территории.

2. Строительство гидротехнических сооружений различного назначения представляет собой элемент возмущения природной системы береговой зоны, а береговая зона стремится погасить это возмущение, избавиться от сооружений, отторгнуть их. Такое отторжение чаще всего происходит болезненно для природы, ведет к негативным последствиям, главное — к неэффективности.

3. Ни одно гидротехническое сооружение на Одесском побережье не выполнило своего назначения в полном объеме, ни одно не было «вписано» в природную структуру береговой зоны. Связано это со сложностью и многофакторностью развития береговой зоны. Ее-то как раз, как правило, не смогли учесть геологи, гидротехники, проектировщики и эксплуатационники. Планирование территории и создание эффективной берегозащиты обычно обеспечивают физико-географы (природные географы).

4. Согласно приобретенному опыту, для оптимизации любого гидротехнического сооружения в структуре береговой зоны моря, для достижения планируемой эффективности сооружения и достижения цели строительства в максимальной мере необходимым и достаточным является физико-географический подход, с применением научно-исследовательского потенциала физической («природной») географии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкин Ю.Н. Берегозащитные сооружения Крыма: западное побережье // Гидротехника, 2016. Вып. 1- 4. С. 27 – 85.
2. Жданов А.М. Искусственное восстановление защитной полосы пляжа при укреплении морских берегов // Труды Всесоюзного НИИ Транспортного строительства: Проектирование и строительство берегоукрепительных сооружений, 1960. Вып. 40, С. 22-58.
3. Макаров К.Н. Основы проектирования берегозащитных мероприятий. – Сочи: Изд-во «Кавказ», 1999. 147 с.
4. Шекó А.И. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР.–Москва: Недра, 1976.–210 с.
5. Шуйский Ю.Д. Опыт изучения защитных сооружений на песчаных берегах Черного моря // География и природные ресурсы. – 1996. – № 1. – С. 37 – 45.
6. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Перейрас Р.П. Опыт анализа берегозащитных сооружений на песчаных берегах Черного моря // Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов, 2011. Вып. 39. С. 110-116.
7. Walker, H.J. Artificial Structures and Shorelines, 1988. – Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 708 pp.

REFERENCES

1. Goryachkin, Yu.N. (2016). Shore-protective structures of the Criméan Western coasts // Hydrotechnika Journal, 2016. Issue 1-4. P. 27-85.
2. Zhdanov, A.M. (1960). Artificial regeneration of protecting belt beaches during defense of the sea shores // Proc. Transp. Build. Institute: Project and Building Shore-protection structures, Issue 40, P. 22-58.
3. Makarov, K.N. (1999). Foundation projects of shore-protection actions. – Sochi: Kavkaz Publ. Co., 147 p.
4. Shekó, A.I. (1976). Contemporary geological processes along the Soviet Black Sea coasts. – Moscow: Nedra Publ. Co., 210 p.
5. Shuisky, Yu.D. (1996). Experience of coast-protection study along sandy shores of the Black Sea // Geography and Natural Resources Journal. – № 1. – P. 37 – 45.
6. Shuisky, Yu.D., G.V. Vykhoivanetz, R.P. Pereiras (2011). Experience of shore-protection analysis along sandy coast of the Black Sea // Building and Technogenetic Safety: Collected Scientific Articles. Issue 39. P. 110-116.
7. Walker, H.J. (1988). Artificial Structures and Shorelines, 1988. – Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 708 pp.

About efficiency of defence structures along odessa coast of the black sea

Yu. D. Shuisky

Abstract. On destructive coastal areas have into account features of shore-zone nature, including Odessa shore section of the Black Sea, with reversible harmonious position between coastal nature and coast-protection structure. The Sea Shore around Odessa is part of the coastal system. It the part have the differences from continental aerial landscapes. What is why coastal defenses have take into account energy and substance flows, kind of energy, structure and dynamics of coastal zone, sediment budget, chemical-mechanical qualities of rocks and deposits, appointment of different shore defenses, etc. In this text is analyzed different constructions of coastal protections along shoreline of the Black Sea, especially from Small Adjalyk liman to Sanjeiskiy Cape. Every of the defense structures must to secure harmonization between the human impact and the coastal environment for conservation of the coastal territory with different infrastructure.

Keywords: Black Sea, coast, coastal defense, nature, water, sediment.