

УДК 551.435.36+551.468.1+624.131.1

И. П. Балабанов, канд. геол.-мин. наук, главный геолог
ОАО «Росстройизыскания»
Большой Балканский пер., 20, Москва, 120090, Россия

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПЛЯЖЕЙ КАК МЕТОДА ЗАЩИТЫ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВ

На примере Пицундско-Гагрского участка рассмотрены проблемы защиты аккумулятивных берегов Черноморского побережья Кавказа с помощью искусственных пляжей и выполнена оценка эффективности мероприятий по их созданию.
Ключевые слова: п-ов Пицунда, Гагрский залив, вдольбереговая литодинамическая система, искусственный пляж, оценка эффективности искусственных отсыпок.

ВВЕДЕНИЕ

С позиций литодинамики береговая зона – сложная природно-геологическая система, формирующаяся в переходной зоне «море – суша», в которой следует чётко различать две составляющие: высоко динамичную вдольбереговую литодинамическую систему (ЛДС) и подстилающий её литологический субстрат. Сухопутная и морская границы ЛДС определяются процессами морской гидро- и литодинамики. На суше она чётко выражена морфологически и проходит по оси современного вдольберегового вала, на море – с известной степенью условности она может быть проведена по границе смены фаций прибрежного и внешнего шельфа, т. е. на глубинах моря 25-30 м. [1].

Высокий уровень антропогенной нагрузки на прибрежно-морскую зону Черноморского побережья Кавказа (ЧПК) остро ставит вопрос выполнения берегозащитных мероприятий для плотно застроенных голоценовых террас побережья. Эффективные методы берегозащиты должны основываться на закономерностях формирования и развития этих аккумулятивных форм в заключительные фазы Черноморской трансгрессии, т. е. в обоснование эффективной стратегии защиты аккумулятивных берегов ЧПК должен быть положен метод палеогеографических аналогий [1-3].

Настоящим требованиям отвечает метод создания искусственных пляжей, который сравнительно недавно стал широко применяться в качестве самостоятельного метода для защиты аккумулятивных берегов ЧПК. Однако исследований по оценке эффективности данного метода не проводилось. И в настоящее время рекомендации по его применению встречают или непонимание, или полное неприятие, а принимаемые проектные решения не всегда получают необходимого и достаточного обоснования. Ярким примером в этом плане может служить проект берегозащиты междуречья Мзымта-Псоу и негативные последствия, которые мы сегодня наблюдаем уже на стадии его реализации [3].

ОЦЕНКА ДЕНУДАЦИОННО-АККУМУЛЯТИВНОГО ЭФФЕКТА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ФАЗ ЧЕРНОМОРСКОЙ ТРАНСГРЕССИИ

В процессе развития Черноморской трансгрессии величина твёрдого стока рек ЧПК значительно изменялась, что определяло характер денудационно-аккумулятивного равновесия в береговой зоне и темпы роста голоценовых террас при смещении равновесия в сторону процесса аккумуляции [1]. Количественная оценка аккумулятивного эффекта в палеогеографические эпохи-аналоги современности, в которые завершалось формирование голоценовых террас, позволяет оценить объёмы отсыпок, которые требуются для стабилизации современной береговой зоны размываемой аккумулятивной формы. Эта оценка выполнена на материалах детальных палеогеографических реконструкций формирования п-ова Пицунда [2].

Анализ объёма аккумуляции и приращения поверхности п-ова Пицунда в заключительные трансгрессивно-регрессивные фазы голоцена выполнен на пространственно-временной модели полуострова. Полученные результаты позволили оценить объём аккумуляции, необходимый и достаточный для образования 1 м² новой поверхности формирующейся аккумулятивной формы, т. е. с палеогеографических позиций оценить эффективность аккумулятивного процесса в береговой зоне п-ова Пицунда в палеогеографические эпохи голоцена, которые могут являться эпохами-аналогами современности (табл. 1).

Таблица 1

| Трансгрессивная фаза | Интервал времени, тыс. лет. | Продолжительность, 10 ² лет | Общий объём аккумуляции, 10 ⁶ м ³ | Темп аккумуляции, 10 ⁶ м ³ /стол. | Прирост поверхности полуострова, 10 ⁶ м ² | Темп прироста поверхности, 10 ⁶ м ² /стол. | Объём наносов (м ³), необходимый для формирования 1 м ² поверхности |
|----------------------|-----------------------------|--|---|---|---|--|--|
| VI2 | 1,35-0,8 | 5,5 | 28,6 | 5,2 | 0,96 | 0,18 | 29,7 |
| VI1 | 2,55-1,35 | 12,0 | 104,6 | 8,7 | 3,96 | 0,33 | 26,4 |
| V3 | 4,1-2,55 | 15,5 | 99,1 | 6,4 | 3,89 | 0,25 | 25,6 |
| V1+V2 | 6,25-4,1 | 21,5 | 204,4 | 9,5 | 4,08 | 0,19 | 50,0 |

Реконструкции показали, что в условиях сформировавшегося к концу голоцена отмелого подводного склона для наращивания 1 м² новой поверхности полуострова требовалась аккумуляция наносов в береговой зоне в количестве 25-30 м³. Следует иметь в виду, что эта цифра не учитывает потери вдольберегового потока наносов на истирание, на его перехват верховьями активных подводных каньонов и на свал наносов на большую глубину в зоне разгрузки.

Количественная оценка денудационно-аккумулятивного эффекта в современную фазу трансгрессии выполнена для береговой зоны Гагрского залива раздельно по балансовым участкам. Результаты обобщены в два района: вершина залива (в пределах городской черты г. Гагра) и южное крыло залива от южной окраины до устья р. Бзыби.

Характер зависимости приращения объёма пляжа при приращении его площади на 1 м² рассчитан по данным стационарных наблюдений за 1972-1990 гг. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

| Гагрский залив | Длина, м | Приращение объёма наносов пляжа на приращение поверхности на 1 м ² (м ³) |
|----------------|----------|---|
| Вершина залива | 9580 | 2,67 |
| Южное крыло | 8240 | 3,16 |

Анализ деформаций береговой зоны до глубин 19-20 м выполнен по результатам эхолотного промера и нивелирования пляжа. Расчёты приращения объёма наносов береговой зоны и площади пляжа для каждого балансового участка выполнены отдельно по четырём элементам береговой зоны, которые резко различаются по морфологии и интенсивности развития литодинамического процесса:

- надводный пляж;
- подводное продолжение пляжа (глубины от 0 до 4-5 м);
- прибрежная часть подводного склона (глубины от 4-5 до 8-9 м);
- внешняя часть подводного склона (глубины от 8-9 до 19-20 м).

По выделенным элементам по результатам наблюдений за 1977-1990 гг. выявлялся характер зависимости деформаций береговой зоны в целом от приращения площади пляжа и его объёма (табл. 3).

Таблица 3

| Гагрский залив | Длина, м | Приращение объёма наносов (м ³) | | |
|----------------|----------|---|----------------|----------------------------------|
| | | на 1 м ² площади пляжа | | на 1 м ³ объёма пляжа |
| | | Надводный пляж | Береговая зона | Береговая зона |
| Вершина залива | 9580 | 2,62 | 19,05 | 7,27 |
| Южное крыло | 8240 | 3,12 | 9,05 | 2,9 |

Выполненный анализ позволяет сделать главный вывод, на котором должны базироваться как методика проектирования берегозащитных мероприятий, так и общая оценка эффективности метода искусственных отсыпок. При выдвигении береговой линии, т. е. при наращивании площади пляжа, аккумуляция наносов происходит как на пляже, так и на подводном склоне, т. е. происходит полная перестройка всего профиля вдольбереговой ЛДС. Причём аккумуляция в надводной части пляжа составила от 11-14 % в вершине залива (в пределах городской черты г. Гагра) до 35-39 % на его южном крыле от общего объёма аккумуляции наносов в береговой зоне.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ИСКУССТВЕННЫХ ОТСЫПОК

Возведение мола в вершине Гагрского залива и отведение устья р. Жвава-Квары на его наветренную сторону вызвало в начале XX столетия развитие волны низового размыва. Применяемые пассивные методы защиты в пределах городской черты выражались в регулярном наращивании волноотбойных стен, протяжённость которые к началу 1982 г. составила 7 км, сооружении 31 буны и 1,5 км притопплен-

ных волноломов. При этом постоянно возникала необходимость в восполнении наносов пляжа путём искусственных отсыпок, которые до 1982 г. эпизодически и в ограниченном количестве проводились на локальных участках. В 1972-1982 гг. годовой объём отсыпок колебался от 5-15 до 75-105 тыс. м³ и в целом составил только 573 тыс. м³.

Несмотря на такой сложный и дорогостоящий берегозащитный комплекс размывы пляжа в пределах города, а местами и разрушение волноотбойных стен, продолжались. При этом волна низового размыва охватила южное крыло залива. Зимой 1982 г. ситуация обострилась из-за возведения южнее городской черты на участке длиной около 1 км девяти новых бун.

С мая 1982 г. стратегия берегозащиты резко изменилась – отсыпки в береговой зоне залива начали выполняться регулярно, а объём их значительно возрос (рис. 1) и за девять лет составил около 4 млн. м³. Они стали интенсивно проводиться в северной части берегозащитного комплекса и в несколько меньших размерах в южной части. Одновременно начался демонтаж бун и волноломов, от которых к 1990-1992 гг. сохранилось несколько бун в южной части берегозащитного комплекса. В 1982-1985 гг. был так же частично разобран мол [3].

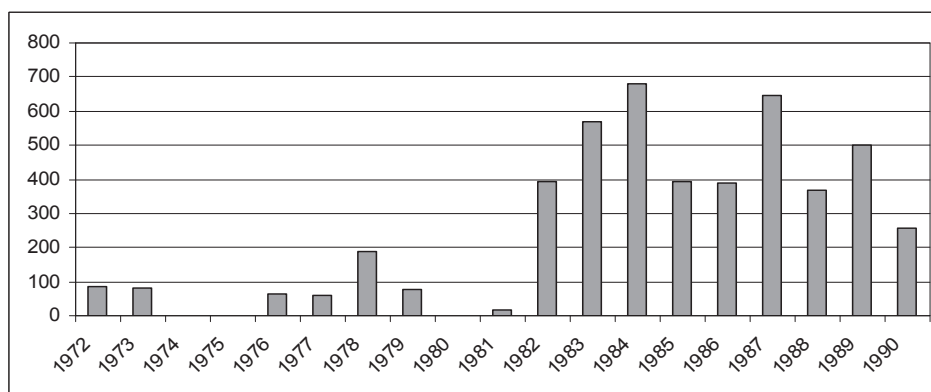


Рис. 1. Объёмы отсыпок (тыс. м³) в береговой зоне Гагрского залива [1].

Выше сказанное позволило Гагрский залив, в пределах которого достаточно длительное время (1982-1990 гг.) в полном объёме применялся метод искусственных отсыпок, рассматривать как натурный полигон по оценке эффективности данного метода.

Выявленный характер зависимости между приращением площади пляжа и объёма наносов по выделенным элементам береговой зоны от объёма выполненных отсыпок имеет положительный линейный характер. Это указывает на то, что происходит восстановление структуры ЛДС по всему профилю, в т. ч. и надводного пляжа, состояние которого может являться критерием при оценке состояния ЛДС в целом. Даже на участке Гагрского берегозащитного комплекса при наличии волноотбойных стен, но при, практически, полном демонтаже бун и волноломов, сформировались пляжи полного профиля шириной около 60 м и полностью восстановились параметры пляжа южного крыла залива.

Стационарные наблюдения показали, что приращение ширины пляжа происходило непосредственно на участках отсыпки. На участке интенсивного низового

размыва южного крыла залива за счёт отсыпок удалось добиться стабилизации береговой линии или резкого снижения интенсивности размыва [1].

Эффективность отсыпок оценивалась по двум показателям [1]:

- *объёмная эффективность отсыпок* – путём сопоставления объёма отсыпок с реально наблюдаемой в береговой зоне аккумуляцией наносов;

- *площадная эффективность отсыпок* – путём сопоставления объёма отсыпок с приращением площади пляжа за счёт выдвижения береговой линии.

Расчёты эффективности выполнены для Гагрского залива за период 1982-1990 гг. с пошаговым наращиванием общей протяжённости анализируемого участка береговой зоны по направлению генерального потока наносов (табл. 4).

Таблица 4

| Балансовый участок, №№ створов | Длина участка, км | Объём отсыпки 10 ⁶ м ³ | Приращение площади пляжа, тыс. м ² | Объём отсыпки на 1 м ² пляжа, м ³ | Приращение объёма наносов пляжа, м ³ | Объём отсыпки на 1 м ³ пляжа, м ³ | Приращение объёма наносов береговой зоны, тыс. м ³ | Объём отсыпки на 1 м ³ береговой зоны, м ³ | Эффективность формирования (%) | | |
|-----------------------------------|-------------------|---|--|--|--|--|---|---|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | | | | площади пляжа | объёма наносов пляжа | объёма наносов береговой зоны |
| 219-211 | 1,1 | 0,9 | 9 | 100 | 39 | 23 | 153 | 6 | 1 | 4 | 17 |
| 219-196 | 3,4 | 1,9 | 57 | 34 | 58 | 34 | 118 | 17 | 3 | 3 | 6 |
| 219-185 | 4,9 | 1,9 | 65 | 30 | 77 | 25 | 229 | 9 | 3 | 4 | 12 |
| 219-170 | 6,9 | 1,9 | 84 | 23 | 113 | 17 | 431 | 5 | 4 | 6 | 22 |
| 219-153 | 9,6 | 3,4 | 124 | 28 | 218 | 16 | 812 | 4 | 4 | 6 | 24 |
| 219-139 | 11,3 | 3,9 | 104 | 38 | 121 | 33 | 743 | 5 | 3 | 3 | 19 |
| 219-127 | 13,2 | 3,9 | 83 | 47 | 44 | 90 | 555 | 7 | 2 | 1 | 14 |
| 219-113 | 15,1 | 3,9 | 77 | 51 | 8 | 469 | 515 | 8 | 2 | 0 | 13 |
| 219-103 | 16,9 | 3,9 | 87 | 45 | 47 | 84 | 920 | 4 | 2 | 1 | 23 |
| 219-098 | 17,8 | 3,3 | 24 | 135 | - 63 | - 52 | 655 | 5 | 1 | - 2 | 20 |

Следовательно, непосредственно в городской черте (ств. 219-153) для увеличения объёма береговой зоны на 1 м³ потребовалось 4 м³ отсыпки, т. е. объёмная эффективность составила 24 %. Если же оценивать отсыпку по приращению площади пляжа, её эффективность окажется значительно ниже. Формирование одного квадратного метра площади пляжа потребовало отсыпать 28 м³ инертного материала, т. е. площадной эффект составил только 4 %. Однако, и что является наиболее важным, положительный эффект от локальных отсыпок наблюдался по всей береговой зоне Гагрского залива.

Повысить берегозащитный эффект отсыпок возможно за счёт улучшения качества инертного материала. Долговременные наблюдения за гранулометрическим составом наносов береговой зоны Гагрского залива показали, что, несмотря на неоднородность отсыпаемого материала, крупность наносов пляжа непосредственно на участках отсыпки продолжала оставаться близкой к естественной. Это говорит о том, что материал отсыпки в процессе волновой сепарации довольно быстро «под-

гоняется» под природный фон, изначально обусловленный процессами гидродинамики. Отсюда следует, что эффективность отсыпки может быть увеличена путём предварительной сепарации используемого материала или путём целенаправленного выбора источника его получения.

ВЫВОДЫ

Анализ опыта защиты аккумулятивных берегов Гагрского залива, позволяет сделать следующие главные выводы:

– стабильность аккумулятивного берега обеспечивает не пляж, а вдольбереговая ЛДС, если денудационно-аккумулятивное равновесие в ней сдвинуто в сторону процесса аккумуляции, как в палеогеографические эпохи-аналоги Черноморской трансгрессии;

– метод искусственных отсыпок должен быть направлен на общее восстановление в береговой зоне условий палеогеографических эпох-аналогов и реанимировать всю структуру ЛДС, функционирующую в береговой зоне, а не только быть направленным на восстановление надводной части пляжа, восстановление параметров которого является частным следствием общего положительного эффекта метода искусственных отсыпок;

– метод искусственных отсыпок требует высокой стабильности, как по длительности выполнения, так и по интенсивности воздействия. Его применение остро ставит вопрос изыскания источников материала соответствующего качества, запасы которых, разведанные по высоким категориям, должны гарантированно обеспечивать заявленную проектную потребность;

– начиная активное вмешательство в природные процессы береговой зоны, необходимо разработать долгосрочный научно обоснованный прогноз ожидаемого положительного эффекта от предлагаемых мероприятий и возможных негативных последствий от их реализации. А так же необходимо гарантировать полную реализацию предлагаемых мероприятий в сроки, соизмеримые с амортизационными сроками эксплуатации возводимых капитальных сооружений;

– метод искусственных отсыпок позволяет полностью отказаться в границах реанимируемой ЛДС от железобетонных «берегозащитных» конструкций.

Эти выводы подтверждает современное состояние берегов Гагрского залива, где проведенный в 1982-1990 гг. комплекс работ по восстановлению структуры ЛДС береговой зоны и сегодня обеспечивает отличное состояние пляжей по всему периметру залива, т. е. в течение 20 лет потенциал выполненных мероприятий оказывается ещё не исчерпанным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабанов И. П. Палеогеографические предпосылки формирования современных природных условий и долгосрочный прогноз развития голоценовых террас Черноморского побережья Кавказа / И. П. Балабанов. М.- Владивосток: Дальнаука, 2009. – 352 с.
2. Балабанов И. П. Новейшая история формирования инженерно-геологических условий и долгосрочный прогноз развития береговой зоны п-ова Пицунда / И. П. Балабанов, Б. Д. Квирквелия, А. Б. Островский. Тбилиси: Мецниереба, 1981. – 202 с.
3. Балабанов И. П. Имеретинская низменность. / И. П. Балабанов, С. П. Никифоров, Пашковский и др. // Природно-геологические условия, проблемы освоения. М.: Недра, 2011. – 281 с.

Статья поступила в редакцию 12.06.2013

І. П. Балабанов, канд. геол.-мін. наук, головний геолог
ВАТ «Росбудошукуння», Москва, Росія

ПАЛЕОГЕОГРАФІЧНИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ ПЛЯЖІВ, ЯК МЕТОД ЗАХИСТУ АКУМУЛЯТИВНИХ БЕРЕГІВ

Резюме

На прикладі Пісунсько-Гагрської ділянки розглянуті проблеми захисту берегів Чорноморського узбережжя Кавказу. Показано, що захисні функції виконує уздовжберегова літодинамічна система, елементом котрої є пляж. Виконана оцінка ефективності метода штучних відсипань.

Ключові слова: п-ів Пісунда, Гагрська затока, уздовжберегова літодинамічна система, штучний пляж, оцінка ефективності штучних відсипань.

I. P. Balabanov, PhD geology, associate professor, chief geologist
JSC “Rosstroyizyskaniya”, Moscow, Russia
great Balkansky pereulok 20 ,Moscow, 120090, Russia

PALEOGEOGRAPHIC PROBLEM ASPECT OF ARTIFICIAL BEACHES CREATING, AS A METHOD OF PROTECTING MARINE – DEPOSITION COASTS

Summary

Problems of protecting of the Caucasus Black Sea coastal are considered by the example Pitsunda-Gagra area. Longshore lithodynamic system carries out the protective functions, which element is the beach. The efficiency assessment of a method of artificial filling is executed.

Keywords: Pitsunda Peninsula, Bay of Gagra, longshore lithodynamic system, an artificial beach, the assessment of artificial filling effectiveness.