

ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ПЛЯЖЕОБРАЗОВАНИЮ НА ПРИМОРСКИХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Меннанов Э.Э.¹, Меннанов Э.М.²

^{1,2} ФГАОУ ВО «ЖФУ им. В.И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры.
г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: mennanov.emran@mail.ru, mennanov.elmar@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований пляжеобразования на приморских урбанизированных рекреационных территориях при применении берегозащитных сооружений. Рассмотрены две серии экспериментальных исследований в волновом бассейне. Обоснован масштаб экспериментальной модели, а также подтверждена достоверность выходных данных на модели пляжа при проведении опыта № 1. Доказана эффективность предложенной автором инженерно-экологического решения защиты пляжной зоны приморских урбанизированных рекреационных территорий по результатам проведенного опыта № 2.

Ключевые слова: берег, береговая зона, берегозащита, берегоукрепление, пляж, прибрежная зона, рекреационная зона, физическое моделирование, экологическая безопасность, эксперимент.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из значимых факторов экологического состояния ПУРТ является пляжная зона [1], поскольку ее состояние напрямую оказывает значительное влияние на темпы и перспективы рекреационного развития данной территории побережья и зависит от интенсивности протекающих природных процессов в береговой зоне под воздействием гидро-лито-метеорологических факторов. Пляж является природным элементом волногашения, служащим для снижения влияния волновых нагрузок на береговые массивы и соответственно защитой от их деградации, поэтому в условиях антропогенной нагрузки на ПУРТ возникают задачи по созданию защиты пляжных зон приморских урбанизированных рекреационных территорий (ПУРТ) для обеспечения их экологической безопасности.

Усиливающиеся деградация и чрезмерное использование приморских ресурсов, требуют научно обоснованных экологически безопасных организационных и технических решений для застройки прибрежных территорий, с учетом научного исследования проблем прибрежных зон рекреационной специализации (ПУРТ) и требований по функционированию прибрежных защитных полос моря.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью статьи являлось уточнение подходов к формированию экспериментальной модели и организации эксперимента по исследованию процесса пляжеобразования на приморских урбанизированных рекреационных территориях.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

С развитием геолого–географических и гидрофизических наук были установлены важнейшие закономерности движения воды в зоне трансформации и разрушения волн, особенности строения, динамики и развития морских побережий и берегов [2–8].

Принципы общей морфологической классификации морских берегов разрабатывали Коттон, Валентин, Рифтгофен, Шепард, О.К. Леонтьев, В.П. Зенкович, Джонсон, Мартони, Шлютер и многие другие. Широко используется классификация берегов, разработанная С.А. Лукьяновой. Согласно названным выше классификациям, берега подразделяются на малоизмененные и преобразованные морем абразионные и аккумулятивные.

Научный поиск решений по формированию экспериментальной модели и организации эксперимента по пляжеобразованию на приморских урбанизированных рекреационных территориях проводился в многочисленных исследованиях научных школ различных стран и российских ученых: Израэля Ю.А., Медоуз Д.Л., Вайцеккера Э., Данилова–Данильяна В.И., Капицы П.Л., Осипова В.И., Реймерса Н.Ф., Ловинса Э., Ловинса Б., Недотко П.А., Малмыгина И.А., Ильичева В.А. и других.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями воздействием волн в мелководной зоне занимались ученые различных научных школ как в начале прошлого века, так и на современном этапе: Хирои И., Жданов А.М., Шулейкин В.В., Джунковский Н.Н., Петрашень В.И., Логвинович Г.В., Биркгоф Дж. К., Жданов А.М., Загрядская Н.Н., Зенкович В.П., Косьян Р.Д., Кузнецов С.Ю., Лаппо Д.Д., Леонтьев И.О., Макаров К.Н., Горячкин Ю.Н. [9], Тлявлин Р.М., Мищенко СМ., Шахин В.М., Куклев С.Б., Радионов А.Е. и другие ученые, работы которых в результате образуют теоретическую базу гидрофизики прибрежной зоны.

Разработкой методов многокритериального анализа объектов исследования занимались множество ученых и специалистов. Дергачев В.А. – советский ученый, свою деятельность посвятил вопросам рационального использования, охраны природы и преобразования прибрежной зоны. Им предложена новая трактовка понятия «природно–хозяйственная контактная зона "суша–океан"» как зона интенсивного взаимодействия населения, хозяйства и природной среды.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Состояние пляжа, как рекреационного ресурса, отражает действие совокупности параметров природных и одновременно экологических факторов прибрежных рекреационных зон. В результате проведенных исследований [10] и систематизации факторов [11], были выделены 4 критерия оценки процесса пляжеобразования, определяющие существенное изменение уровня пляжеобразования на ПУРТ, которые сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Критерии оценки динамики фактора экологической безопасности ПУРТ «степень стабильности пляжа»

Обозначение критерия	Наименование критерия	Показатель предыдущего состояния, $k_{jk}^{э0}$	Показатель современного состояния, $k_{jk}^{э1}$	Тенденция, пляжеобразования
$k_{11}^э$	Скорость вдольбереговых потоков наносов	$k_{11}^{э0}$	$k_{11}^{э1}$	$\frac{k_{11}^{э1}}{k_{11}^{э0}} \geq 1$
$k_{12}^э$	Объем вдольбереговых наносов	$k_{12}^{э0}$	$k_{12}^{э1}$	$\frac{k_{12}^{э1}}{k_{12}^{э0}} \geq 1$
$k_{13}^э$	Объем фронтальных наносов, перемещенных на глубину	$k_{13}^{э0}$	$k_{13}^{э1}$	$\frac{k_{13}^{э1}}{k_{13}^{э0}} \geq 1$
$k_{14}^э$	Изменение средней ширины пляжа	$k_{14}^{э0}$	$k_{14}^{э1}$	$\frac{k_{14}^{э1}}{k_{14}^{э0}} \geq 1$

Экспериментальные исследования выполнялись в волновом бассейне. Волновой бассейн в плане имеет форму прямоугольника с размерами 10 м на 4 м. Высота стенок бассейна – 45 см. Бассейн оснащен щитовым волнопродуктором, который представляет собой установку, обеспечивающую возвратно–поступательное движение щита. В движение щит приводит электродвигатель, мощностью 1 кВт, позволяющий генерировать регулярные волны высотой до 20 см и периодом T в диапазоне 0,7–3 с.

С целью определения эффективности разработанной модели берегозащитного сооружения было выполнено 2 серии опытов (опыт № 1, опыт № 2).

Исследования проведены в волновом бассейне на модели подводного склона, характерного для Западного побережья Крыма в Каламитском заливе в масштабе $a = 1:50$. План модели показан на рисунке 1.

Рельеф подводного склона строился по нивелиру согласно топографическим съемкам. Подготовленное основание модели засыпалось мелкодисперсным песком крупностью 0,1–0,4 мм. Уровень наполнения бассейна водой в зоне максимальной глубины во всех испытаниях составляет 15 см (7,5 м) (рис. 2).

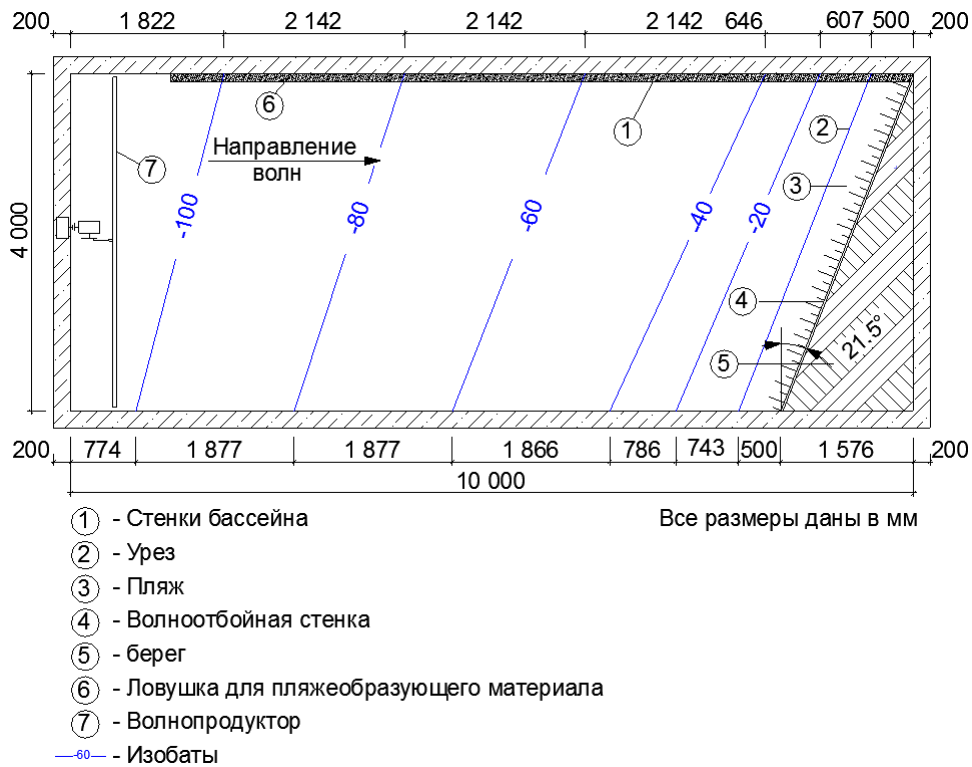


Рис. 1. План экспериментальной модели пляжной зоны ПУРТ

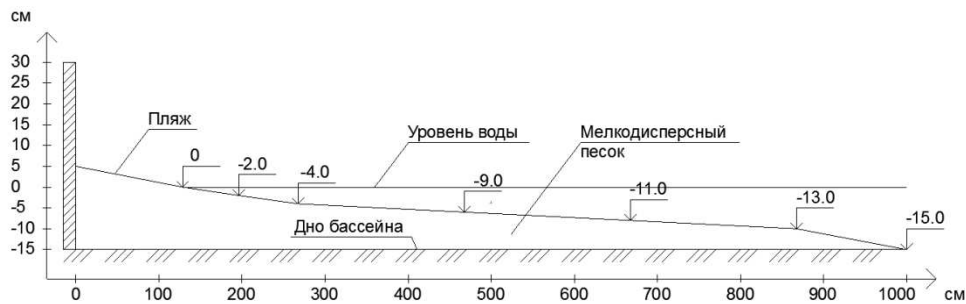


Рис. 2. Профиль экспериментальной модели пляжной зоны ПУРТ

Направление волн принято юго-западное – как наиболее волноопасное [12].

Из условий обеспечения геометрического подобия и равенства чисел Фруда на экспериментальной модели:

- масштаб высоты волн $\alpha_h = \alpha_l = 1:50$;
- масштаб периода волн $\alpha_T = \sqrt{\alpha_l} = 1:7,07$;
- масштаб линейных размеров $\alpha_B = \alpha_l = 1:50$;
- масштаб массы элементов берегозащиты $\alpha_m = \alpha_l^3 = 1:125000$;

В экспериментальном бассейне было выполнено 2 серии экспериментов по задачам:

- 1) подтвердить достоверность экспериментальной модели участка пляжной зоны ПУРТ по изменению уровня пляжеобразования пляжной зоны ПУРТ по четырем критериям – опыт №1;
- 2) оценить эффективность разработанного инженерно-экологического решения берегозащиты [13] в качестве волногасящего препятствия в зоне последнего обрушения волн – опыт № 2.

В опыте №1 на модели участка пляжной зоны ПУРТ исследовался вдоль береговой поток наносов, возникающий при параметрах шторма (обеспеченность 1%) в мелководной зоне:

$$H_{\text{волн}} = 8,14 \text{ см (4,07 м)} \text{ при периоде } T_{\text{волн}} = 1,4 \text{ с (9,8 с)}.$$

Расчетный суммарный расход вдольберегового потока наносов $Q_y = 4,12 \text{ дм}^3/\text{ч}$ ($514,6 \text{ м}^3/\text{ч}$), расчетная глубина первого обрушения волн $h_{\text{пер}} = 10,16 \text{ см}$ ($5,08 \text{ м}$), расчетная глубина последнего обрушения волн $h_{\text{пос}} = 6,52 \text{ см}$ ($3,26 \text{ м}$).

Исходная ширина пляжа составляла 40 см (что соответствует 20 м в натуре с учетом принятого масштаба).

Серия опыта №1 – 5 раз. Продолжительность каждого из повторений опыта составила 80 мин (9,4 ч) – продолжительность шторма (обеспеченность 1% для юго-западного направления ветра в районе западного побережья Крыма).

К концу волнового воздействия в серии опыта №1 в результате волновой нагрузки средняя ширина пляжа сократилась с 40 см (20 м) до 25,4 см (12,7 м), а общая площадь пляжа на исследуемом участке – сократилась в среднем на 36%.

Средний расход вдольберегового потока наносов составил $4,26 \text{ дм}^3/\text{ч}$ – отклонение в 3,4% от расчетного показателя (в рамках допустимой погрешности) (табл. 2).

Схема сформированного пляжа под влиянием волнового воздействия по окончании опыта №1 показана на рисунке 3.

График изменения объемов пляжевого материала, оседающего в ловушке, в зависимости от времени волнового воздействия показан на рисунке 4.

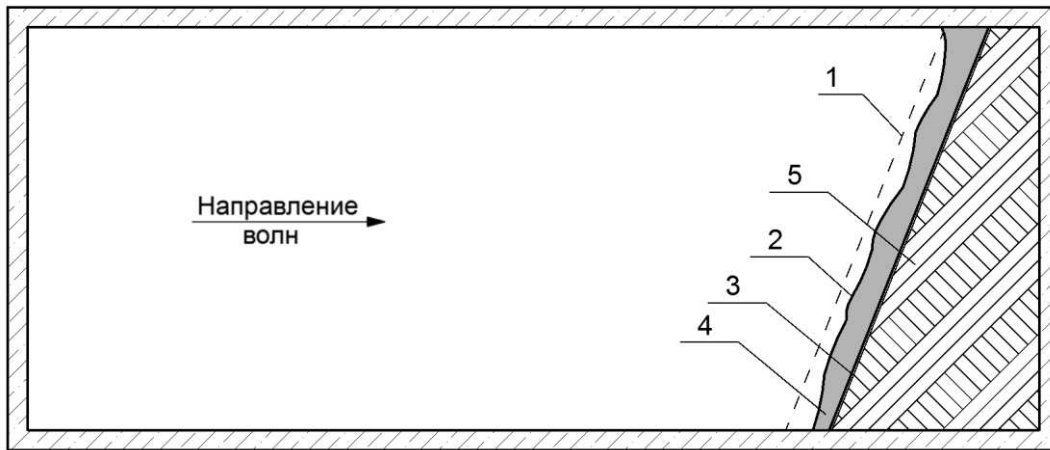


Рис. 3. Схема сформированного пляжа под влиянием волнового воздействия по окончании опыта №1:
1 – исходная граница уреза воды перед опытом; 2 – граница уреза воды после проведения опыта;
3 – волноотбойная стенка; 4 – пляж; 5 – берег

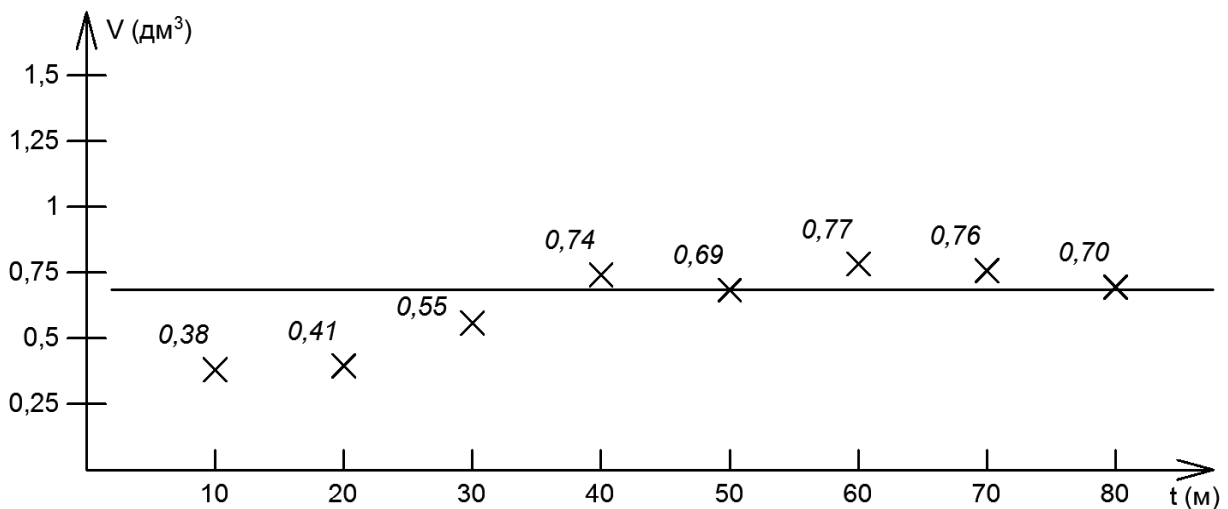


Рисунок 4. График изменения объемов пляжевого материала, оседающего в ловушке, в зависимости от времени волнового воздействия

Таблица 2.

Исходные и полученные показатели пляжеобразования по экспериментальной модели пляжной зоны ПУРТ (серия опыта № 1)

№ п/п	Наименование фактора	Показатели *									
		по итерациям									
		1		2		3		4		5	
исх.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.		
1	Объем вдольбереговых наносов во время шторма	515 м ³ /ч	509 м ³ /ч	515 м ³ /ч	516 м ³ /ч	515 м ³ /ч	511 м ³ /ч	515 м ³ /ч	509 м ³ /ч	515 м ³ /ч	514 м ³ /ч
2	Направление фронтальных наносов	От пляжа	От пляжа	От пляжа	От пляжа	От пляжа	От пляжа	От пляжа	От пляжа	От пляжа	От пляжа
3	Изменение средней ширины пляжа	- 2 м	- 2,3 м	- 2 м	- 2,1 м	- 2 м	- 2,1 м	- 2 м	- 2,5 м	- 2 м	- 1,9 м
4	Удельная площадь пляжа	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м	8,1 м ² /м

*экспериментальные показатели пересчитаны в натурные по полученным в эксперименте в соответствии с теорией подобия

В опыте № 2 оценивалась эффективность системы берегозащитных сооружений (с учетом природных процессов, изученных в [14]) в виде волнолома из цилиндрических габионов (рисунок 5), установленных на расчетной глубине последнего обрушения волн – 7,6 см (3,8 м), при этом расстояние от уреза воды составляла 2,84 м (142 м).

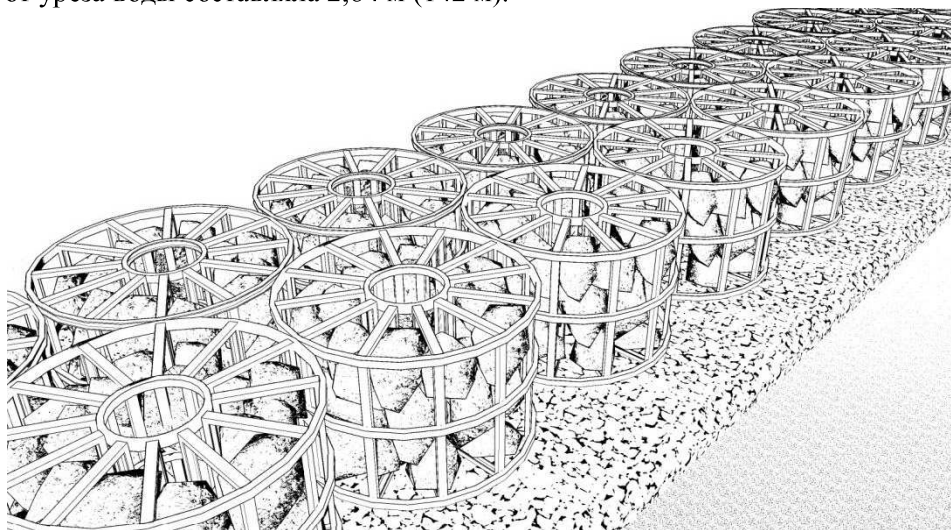


Рис. 5. Волнолом из цилиндрических габионов (Ø = 6 м, Н = 4 м)

Протяженность волнолома принята – 2 м (100 м).

Объем вдольбереговых наносов, отсыпаемых в модели, принят – 4,26 дм³/ч. Параметры штормового режима обеспечивались идентично параметрам опыта № 1

К концу волнового воздействия в серии опыта №2 средняя ширина пляжа увеличилась до 52 см, а общая площадь пляжа возросла на 22,8% ($\frac{H_{rms}}{h_c} = 0,43$).

Степень гашения волны составила $\Psi = 63\%$ (таблица 2). Результаты опыта №2 показаны на рисунке 6. Данный результат опыта доказывает эффективность разработанной модели волнолома из цилиндрических габионов.

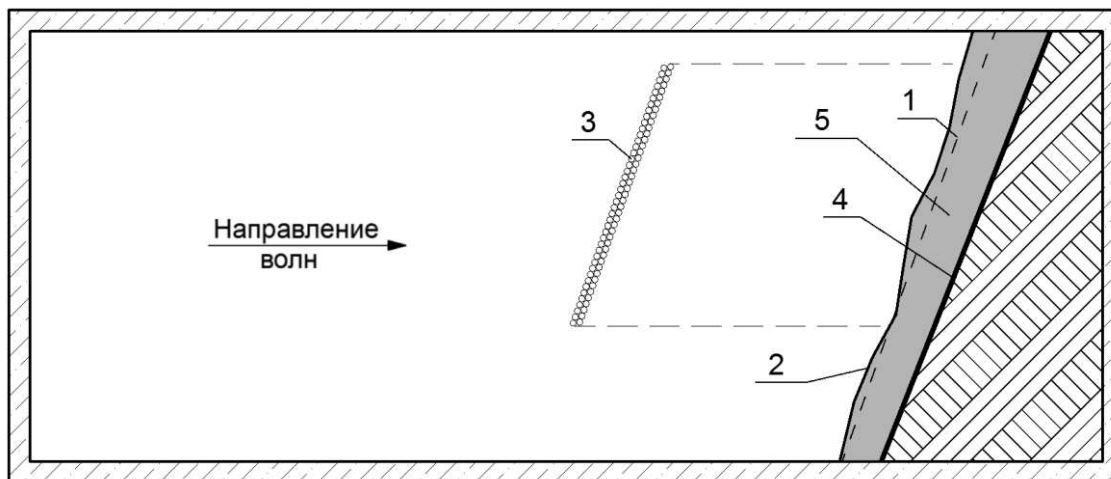


Рис. 6. Схема сформированного пляжа по окончании опыта №2:
1 – исходная граница уреза воды перед опытом; 2 – граница уреза воды после проведения опыта;
3 – волнолом; 4 – волноотбойная стенка

Таблица 3

Исходные и полученные показатели пляжеобразования по экспериментальной модели (серия опыта № 2) по факторам экологической безопасности пляжной зоны ПУРТ

№ п/п	Наименование фактора	Показатели *					
		по итерациям					
		1		2		3	
		нач.	кон.	нач.	кон.	нач.	кон.
1	Объем вдольбереговых наносов во время шторма	515 м ³ /ч	513 м ³ /ч	515 м ³ /ч	512 м ³ /ч	515 м ³ /ч	515 м ³ /ч
2	Направление фронтальных наносов	от пляжа	к пляжу	от пляжа	к пляжу	от пляжа	к пляжу
3	Изменение средней ширины пляжа	- 2 м	+ 1,9 м	- 2 м	+ 2,1 м	- 2 м	+ 2,2 м
4	Удельная площадь пляжа	8,1 м ² /м	9,6 м ² /м	8,1 м ² /м	9,8 м ² /м	8,1 м ² /м	10,1 м ² /м

*экспериментальные показатели пересчитаны в натурные по полученным в эксперименте в соответствии с теорией подобия

Результат опыта показывает высокую динамику аккумуляции наносов на пляже в «теневой» зоне волнолома, эффективность разработанной конструкции и формы волнолома из цилиндрических габионов для активного пляжеобразования на ПУРТ.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день решение проблем пляжеобразования на ПУРТ являются актуальными, поскольку несвоевременное поддержание в удовлетворительном техническом состоянии пляжных зон ПУРТ приводит к нарушению состояния пляжей.

Проведенные авторами исследования изменение уровня пляжеобразования позволили уточнить подходы к формированию экспериментальной модели и организации эксперимента по пляжеобразованию на приморских урбанизированных рекреационных территориях.

Для сохранения рекреационной привлекательности ПУРТ, а также экологической безопасности, разработку берегозащитных (пляжеудерживающих) сооружений для поддержания в неизменной форме природных приморских ландшафтов, целесообразно проводить с позиции биопозитивности.

Биопозитивность берегозащитных конструкций учитывает особенности природных процессов в системе «море-суша» и требует разработки научных подходов с учетом особенностей отдельных береговых зон, которые используются в рекреационных целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иваненко, Т.А. Особенности формирования экологического состояния прибрежных рекреационных зон [Текст] / Н.М. Ветрова, Т.А. Иваненко // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – Вып 2. – С. 64-68.
2. Щукин, И.С. Общая геоморфология. Том 2. [Текст] — М.: Изд-во МГУ, 1964, — 564 с.
3. Санин, А.Ю. Береговые морфосистемы Крыма и их рекреационное использование // Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата географических наук. — М.: — 2014. — 150 С.
4. ГОСТ 23634-83 Морская навигация и морская гидрография. Термины и определения. [Текст] — М.: Издательство стандартов, 1984. — 12 с.
5. Инструкция для исследования морских берегов / [составитель Ю.М. Шокальский]. [Текст] — СПб.: Имп. рус. геогр. общ-во, 1888. — 200 с.
6. Daly, R.A. The glacial-control theory of coral reefs / R.A. Daly // Proc. Amer. Acad. arts & Sci. — 1915. — Vol. 51. — №4. — P. 157—251.
7. Gilbert, G.K. The topographic features of the Lake shores / G.K. Gilbert // U.S. Geology Survey. — 1885. . — 5th Ann. Rept. . — P.69-123
8. Fenneman, N.M. Development of the profile equilibrium of the subaqueous shore terrace / N. M. Fenneman // Journal Geology. — 1902. — Vol. 10. — P.1-32.
9. Современное состояние береговой зоны Крыма / под ред. Ю.Н. Горячкина. [Текст] – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. — 252 с.
10. Меннанов, Э.Э. О подходах к инженерно-экологическому сопровождению берегозащитных мер морского побережья Крыма. [Текст] / Э.М. Меннанов, Э.Э. Меннанов // Экономика строительства и природопользования. — 2017. — Вып. 65. — С. 28-32.
11. Mennanov, E. Tools of Engineering and Environmental Survey of the Territory and Bank Protection Structures (On the Example of the Crimean Coast) / N.Vetrova, O.Ryvkina, E.Mennanov // International science and technology conference «Earth science» IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science (2019) / vol. 272.
12. Харитоновна, Л.В. Статистические характеристики ветрового волнения в прибрежной зоне Западного Крыма по данным ретроспективных расчетов за 1979 — 2010 гг. [Текст] / Л.В. Харитоновна, В.В. Фомин // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. — Севастополь, 2012. — Вып. 26, т. 1. — С. 24-33.
13. Пат. 186225 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/04, Е 02 В 3/12. Цилиндрический габион [Текст] / Меннанов Э.Э.; автор и правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». — № 2017128587; заявл. 10.08.2017; опубл. 11.01.2019, Бюл. № 2. — 5 с.
14. Иваненко, Т.А. Технические решения берегозащитных сооружений для улучшения экологического состояния прибрежных рекреационных зон [Текст] / Т.А. Иваненко, Н.М. Ветрова // Строительство и техногенная безопасность. — 2014. — вып.49. — С. 108—116.

EXPERIMENTAL PARAMETERS FOR BEACH FORMATION IN THE SEASIDE URBANIZED RECREATIONAL TERRITORIES

Mennanov E.E.¹, Mennanov E.M.²

V.I.Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Annotation. The article presents the results of experimental studies of beach formation in coastal urbanized recreational areas using coastal protection structures. Two series of experimental studies in the wave basin are considered. The scale of the experimental model is substantiated, and the reliability of the output data on the beach model during experiment No. 1 is confirmed. The effectiveness of the engineering-ecological solution proposed by the author for protecting the beach zone of the coastal urbanized recreational areas according to the results of experiment No. 2 is proved.

Keywords: coast, coastal zone, bank protection, coastal protection, beach, coastal zone, recreation zone, physical modeling, environmental safety, experiment.