



## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ШИРИНЫ ПЛЯЖА В ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ МОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ГОРОДА ЗЕЛЕНОГРАДСКА

П.С. Масуров, студент 4-го курса бакалавриата  
e-mail: [pmasurov@mail.ru](mailto:pmasurov@mail.ru)

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»



Н. Л. Великанов, д-р техн. наук, проф. кафедры водных ресурсов  
и водопользования, заведующий кафедрой машиноведения и  
технических систем

e-mail: [monolit8@yandex.ru](mailto:monolit8@yandex.ru)

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им.  
И. Канта»

Побережье г. Зеленоградска подвержено постоянным изменениям. К основным причинам этого явления относят природную активность и антропогенные факторы. Волновая активность – основное природное явление, оказывающее наиболее разрушительное воздействие. К антропогенным факторам можно отнести туристическую активность, несоблюдение законов о природоохраненных зонах [1]. Для эффективной защиты городского побережья от волновой эрозии необходимо предусмотреть берегозащитные сооружения (БЗС), соответствующие всем природно-климатическим факторам. Очевидно, что неправильно выбранные или сконструированные БЗС будут не только иметь низкую эффективность, но и могут спровоцировать еще больший размыв береговой линии.

**Ключевые слова:** берегозащитные сооружения, береговая линия, побережье Зеленоградска, волновая эрозия, анализ

### ВВЕДЕНИЕ

Зеленоградск – это курортный город, расположенный в 24 км к северо-западу от Калининграда. Мягкий прибалтийский климат без изнуряющей жары и резких перепадов температуры, достаточно теплое море, развивающаяся курортная инфраструктура и пляж с приятным на ощупь светлым песком. Эти факторы способствуют росту популярности Зеленоградска у туристов как из России, так и из-за рубежа. Однако из-за ежегодного размыва пляжной полосы, город может начать терять своих туристов, следовательно, одного из основных источников дохода. Разрушительное воздействие моря на береговую линию также влечет за собой эрозию вышележащих грунтов и, как следствие, ставит под угрозу обвала объектов и зданий, расположенных в непосредственной близости к воде.

Пляж является неотъемлемой частью Зеленоградска как города-курорта. Однако с каждым годом он теряет свою ширину. Об интенсивном разрушении берега сообщал ведущий научный сотрудник Атлантического отделения Института океанологии имени Ширшова Вадим Болдырев [3]. Береговая полоса Самбийского полуострова, согласно его исследованиям, отступила за последние 7 тыс. лет уже на 3 – 4,5 км. Причина в дефиците песка на прилегающих к побережью подводных склонах, что в конечном итоге приводит к

интенсивному размыву западного и северного берегов. Причем западный берег в первой половине XX в. размывался весь, начиная от мыса Таран и вплоть до Балтийска.

Берегозащитные сооружения – это основной фактор защиты берегов от размывания. Исходя из результатов, которые наблюдаются на сегодняшний день, очевидно, что берегозащитные сооружения, которые возвели в прошлые годы, были не лучшими решениями или же просто пришли в негодность. Часть этих сооружений уже демонтированы и заменены другими, более современными и эффективными конструкциями.

### **ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследования в нашей работе являются собственные систематические измерения ширины пляжной полосы г. Зеленоградска. Измерения проводились каждую неделю с 21 сентября 2019 г. по 8 февраля 2020 г. в различных, заранее выбранных фиксированных точках (рис. 1, 2).

В качестве мест измерений были приняты спуски к пляжу с лестницами. Точка № 1 находится в районе пересечения ул. Пушкина и променада г. Зеленоградска. Точка № 2 вблизи пересечения ул. Толстого и променада города, ориентир – кафе «У Нептуна». Место измерения № 3 находится напротив центра детского и семейного отдыха ОАО «РЖД» «Локомотив». Точки № 4 и 5 расположены в районе ул. Гагарина, д. 12 и 16а соответственно. Последнее место измерений под номером 6 расположено у спуска к морю вблизи отеля «Априори».

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Основной целью исследования является выявление тенденции изменения ширины пляжной полосы.

Задачи исследования:

- определение наиболее уязвимых и подверженных волновой эрозии участков на береговой линии г. Зеленоградска;
- создание платформы для дальнейшей исследовательской работы.

Предполагается, что расширение собранных данных и их углубленный анализ, послужит основанием для выработки мер по более эффективной защите береговой полосы, а также поможет определить места, наиболее подверженные размыву и требующие укрепления в ближайшей перспективе.

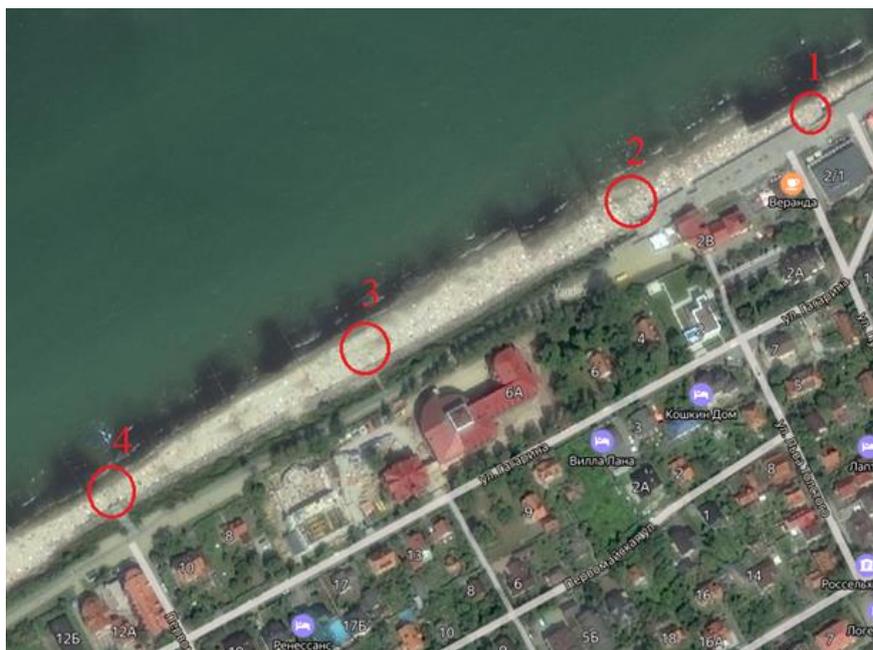


Рисунок 1 – Точки 1–4 измерений ширины пляжной полосы



Рисунок 2 – Точки 5 и 6 измерений ширины пляжной полосы

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы следующие методы исследования:

1. теоретические: анализ массивов данных;
2. эмпирические: наблюдение за динамикой изменения размера пляжа; систематическое измерение ширины береговой полосы; сравнение полученных данных.
3. статистические: изучение, обработка и анализ собранных данных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для начала измерения представим в виде таблицы (табл. 1). Затем для наглядности изобразим все в виде графиков (рис. 3).

Исходя из полученных графиков, в первую очередь обращают на себя внимание участки, на которых ширина береговой линии в определенные периоды времени сильно сокращается или исчезает вовсе (точка № 3). Также наиболее подверженными волновой абразии, относительно других точек измерения, являются точки № 1, 2 и 4. Следует заметить, что эти места расположены в непосредственной близости к променаду г. Зеленоградска, в то время как точки № 5 и 6 находятся на значительном отдалении от него.

Кроме того, диаграмма наглядно свидетельствует о том, что в период между штормами происходит естественный намыв песка, как следствие, пляж восстанавливается. Исходя из этого можно сделать вывод, что тенденция к восстановлению у пляжа есть, при правильно подобранных БЗС можно попытаться сохранить собственный прогресс пляжа в естественном намыве песка, не прибегая к предлагаемым искусственным методам.

Кроме того, согласно построенному графику ширина береговой линии изменяется с большим диапазоном в точках № 1, 2 и 3, которые расположены в непосредственной близости к променаду. Одна из основных причин этого явления – угол откоса пляжа. Дело в том, что возле променада пляж имеет гораздо меньшую разницу между высотами, расположенными у воды и непосредственно на максимальном от нее отдалении.

Однако эта, казалось бы, положительная характеристика имеет и обратный эффект, а именно то, что после штормов берега с большими значениями угла откоса дольше восстанавливают свою ширину.

Таблица 1 – Результаты измерений ширины пляжной полосы

Дата	Точки, м					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
21.09.2019	3,7	7,1	0,2	4,5	5,9	6,3
28.09.2019	8,1	12	6	7,9	8,4	12,3
05.10.2019	7,3	12,2	7,8	6,8	7,6	10,2
12.10.2019	7,9	12,5	8	7,2	8,2	11,5
19.10.2019	18,5	25,1	14,9	10,8	13,5	13,2
26.10.2019	20,2	25,2	16,9	12,7	15,8	14,1
02.11.2019	17,6	24,9	17,2	11,2	16,8	18
09.11.2019	22,5	34	21,9	9,9	15,3	19,5
16.11.2019	21	28,1	22,7	10,9	13,2	18,8
23.11.2019	31,4	37,9	23,4	15,3	17,4	22,5
30.11.2019	6	6,5	2,7	3,1	12,4	7,3
07.12.2019	6,5	8,2	8	5,8	12,1	12,7
14.12.2019	8,3	16,8	12	7	13,8	11,4
21.12.2019	12,1	19	13,4	9,9	15,3	14
28.12.2019	19,6	30,2	14,6	15,5	21,9	29,3
04.01.2020	8	9,9	1	7,9	11,3	10
11.01.2020	8,5	9,5	0	8,8	9	13,4
18.01.2020	7,6	12,3	2,3	12,1	8,1	10
25.01.2020	6,3	9,7	5,5	15,7	10	7,8
01.02.2020	13	15,4	9	18,3	11,8	13,6
08.02.2020	19,8	21	12,2	26	14,8	18,3

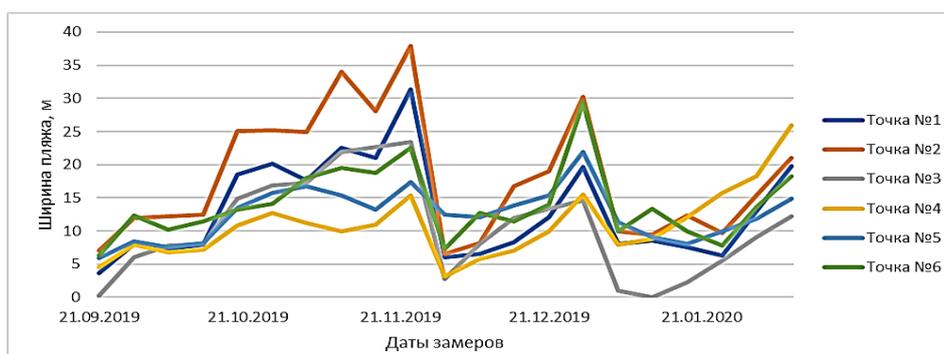
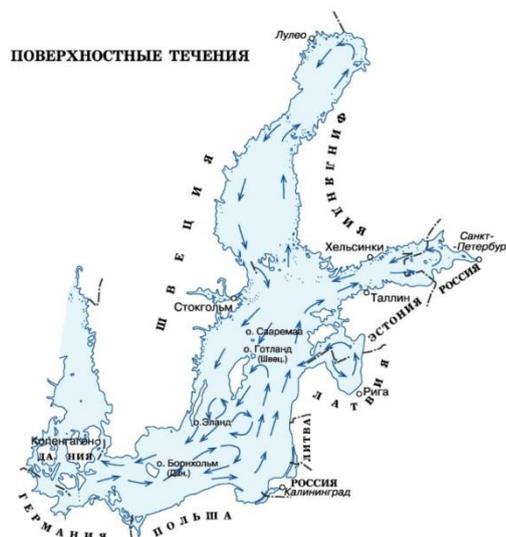


Рисунок 3 – Точки 1–6 измерений ширины пляжной полосы



#### Рисунок 4 – Поверхностные течения Балтийского моря

Изучив карту поверхностных течений Балтийского моря (рис. 4), можно заметить, что в районе г. Зеленоградска течения направлены на северо-восток.

Следовательно, песок, переносимый этими водами, проходит путь вдоль береговой линии от Зеленоградского побережья к Куршской косе. Это наглядно видно по отложениям песка относительно бун (рис. 5), они всегда с левой стороны, что также свидетельствует о направлении волновой активности.

Говоря о защите пляжа Зеленоградска, не стоит забывать и о Куршской косе, чей морской берег испытывает преимущественно размыв, за исключением приграничной с Литвой северо-восточной оконечности, где берег стабилен [2]. Прикорневой участок косы вблизи г. Зеленоградска за период 2003 – 2007 гг. подвергся значительной волновой эрозии. Оттуда смыло более 10 м авантюны. А зимний шторм 2007 г. на пляже вскрылась берегозащитная конструкция 1984 г. В уступе размыва береговой дюны обнажились погребенные почвы, а в основании – ледниковые отложения [3]. В следствии шторма в 2012 г. было смыто около 6 м морского склона авандюны и переработано около 1 – 2 м толщи пляжных отложений [4, 5].



Рисунок 5 – Отложения песка относительно бун

Исходя из этих данных, следует понимать, что требования к БЗС на побережье г. Зеленоградска возрастают. Поскольку песок не сможет переноситься дальше по течению, задерживаясь на городском пляже, на прикорневом участке Куршской косы может возникнуть дефицит, что приведет к ослаблению защиты от волновой активности.

Для подбора эффективных средств защиты берегов также важно принять во внимание ранее использованные берегоукрепительные сооружения. Непосредственно на побережье Зеленоградска еще в довоенные годы немцами были установлены буны, которые относительно недавно были заменены и дополнены новыми. За время их функционирования пляж хотя и потерял в ширине, однако не факт, что береговая линия сохранилась бы вовсе при отсутствии бун. Поэтому решение проблематики берегозащиты видится именно в комплексе мер. К их числу следует отнести не столько вопросы удержания песка на пляже, сколько в первую очередь защиту береговой полосы от штормовой активности.

Вдоль береговой линии также в некоторых местах виднеются остатки подпорно-волноотбойной стенки, которые Правительство Калининградской области планирует демонтировать к 2021 – 2022 гг. Их собираются заменить на новую более прочную подпорную стену с полупроницаемым волногасителем из каменной призмы. Протяженность нового сооружения составит примерно 1600 м. Однако, если подробнее рассмотреть места нахождения стены на данный момент (точки № 3 и 4), то не трудно заметить, что пляж именно в этих местах наиболее уязвим. Если быть точнее, именно в этом районе по результатам наблюдений самые низкие показатели ширины пляжа. Береговая линия в этой области наиболее подвержена размыву при штормах. При этом пляж в этих местах имеет минимальную скорость восстановления по отношению к другим точкам измерений.

Является ли подпорно-волноотбойная стенка причиной таких показателей? Для сравнения возьмем точки № 4 и 5 – максимально идентичные места измерений, за исключением наличия стены вблизи точки № 4. По данным наблюдений видно, что показатели разнятся, и разнятся явно не в пользу волноотбойной стенки. Та же ситуация при сравнении аналогично коррелируемых точек № 2 и 3.

Одним из решений данной проблемы может стать упомянутый выше искусственный намыв песка на пляж.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

1. Впервые проведены натурные замеры ширины пляжа в отдельных точках. Результаты позволяют в дальнейшем формировать эмпирические зависимости для ширины пляжа и учитывать их при модернизации пляжной зоны.

2. В результате анализа проведенных натурных замеров установлено наличие участков, на которых ширина береговой линии в определенные периоды времени сильно сокращается или исчезает вовсе.

3. В период между штормами происходит естественный намыв песка, как следствие, пляж восстанавливается. Исходя из этого можно сделать вывод, что тенденция к восстановлению у пляжа есть, при правильно подобранных БЗС можно попытаться сохранить собственный прогресс пляжа в естественном намыве песка, не прибегая к предлагаемым искусственным методам.

4. Ширина береговой линии в отдельных точках изменяется с большим диапазоном. Одна из основных причин этого явления – угол откоса пляжа. Возле променада пляж имеет гораздо меньшую разницу между высотами, расположенными у воды и непосредственно на максимальном от нее отдалении.

5. После штормов берега с большими значениями угла откоса дольше восстанавливают свою ширину.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Побережье Балтийского моря в районе г. Зеленоградска достаточно нестабильно. Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что тенденция к восстановлению у пляжа есть, на что, несомненно, повлияла установка новых бун. Однако обеспечить постоянный естественный намыв песка и сохранность прогресса пока не удастся. Отсюда можно сделать вывод, что в первую очередь необходимо обеспечить защиту береговой полосы от штормовой активности.

Наиболее подверженными размыву являются пляжи вблизи променада города, вполне вероятно, что из-за недостаточного угла откоса. Также береговая линия с наличием подпорно-волноотбойных стенок является уязвимой для волновой эрозии, причиной чему могут быть сами стены, поскольку в прошлом, когда вода вовсе не доходила до стенок, их основной функцией было поддерживать вышележащий грунт, никакой угрозы песку не было. Однако со временем пляж истощился, вода, доходя до стен, бьется о них, вымывая песок в море. Возможно, новые современные конструкции решат эту проблему, но нужно и готовиться к тому, что придется уделить больше внимания этим проблемным зонам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 28.11.2015) // Собрание законодательства РФ. 05.06.2006. № 23. Ст. 2381.
2. Болдырев, В.Л. Состояние берегов Куршской косы после зимнего штормового периода / В.Л. Болдырев, В.П. Бобыкина, Е.М. Бурнашов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2008. – Вып. 6. – С. 105–114.
3. Бобыкина, В.П. Современное состояние берегов калининградского побережья Балтики по результатам их мониторинга / В.П. Бобыкина, В.Л. Болдырев // Проблемы управления и устойчивого развития прибрежной зоны моря: XXII междунар. береговой конф.: материалы. – Геленджик, 2007. – С. 53.
4. Бобыкина, В.П. Особенности послештормовой литодинамики берегов Юго-Восточной Балтики (на примере морского берега Куршской косы) / В.П. Бобыкина, К.В. Карманов // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ // Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов: 3-я междунар. конф. (Иркутск, 29 июля – 3 августа 2013): труды. – Иркутск: Изд-во Ин-та земной коры СО РАН, 2013. – С. 49–53.
5. Бобыкина, В.П. К геоэкологии берегов Калининградской области (по результатам мониторинга) / В.П. Бобыкина, К.В. Карманов // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2014. – №35. – С. 44–54.

### DYNAMICS OF CHANGING THE BEACH WIDTH IN SEPARATE AREAS OF THE SEA COAST OF ZELENOGRADSK

P.S. Mansurov, 4th year undergraduate student,  
e-mail: [pmasurov@mail.ru](mailto:pmasurov@mail.ru)  
Kaliningrad State Technical University

N.L. Velikanov, Doctor of Engineering,  
Professor of the Department of water resources and water use,  
Head of the Department of mechanical engineering and technical systems,  
e-mail: [monolit8@yandex.ru](mailto:monolit8@yandex.ru)  
Kaliningrad State Technical University,  
Immanuel Kant Baltic Federal University

The coast of the city of Zelenogradsk is subject to constant changes. The main reasons for this phenomenon include natural activity and anthropogenic factors. Wave activity is the main natural phenomenon that has the most destructive effect. Anthropogenic factors include tourist activity, health problems related to environmental diseases [1]. To effectively protect the city coast from wave erosion, it is necessary to consider bank protection structures that meet all natural and climatic factors. An improperly selected or designed coastal protection structures will not only have low efficiency, but also likely contribute to further erosion of the coastline.

**Key words:** *coastal protection structures, coastline, Zelenogradsk coast, wave erosion, analysis*