

На правах рукописи



КАТЛИНЕ КОБЛЕВ

Анзор Хулио

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ МОРСКИХ
ВОЛН НА МЕЛКОВОДЬЕ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ

Специальность 05.23.16 – «Гидравлика и инженерная гидрология»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2016

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет» на кафедре «Строительство»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Макаров Константин Николаевич

Официальные оппоненты:

Гарибин Павел Андреевич – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО С.Петербургский Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О.Макарова

Чубаренко Борис Валентинович – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией «Прибрежных систем» Атлантического отделения института океанологии им. П.П.Ширшова РАН (АО ИО РАН).

Ведущая организация: ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь

Защита состоится _____

на заседании диссертационного совета _____

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте _____

Автореферат разослан " ____ " _____ 201 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Наиболее характерными участками мелководья сложного профиля являются зоны подводных каньонов. Подводные каньоны широко распространены на дне Мирового океана. У берегов России крупные подводные каньоны встречаются в Чёрном море, морях, омывающих Дальний Восток, и Северном Ледовитом океане, а также на озере Байкал.

В прибрежных зонах, где имеются подводные каньоны, подходящие из открытого моря волны значительно трансформируются. При этом на ряде участков наблюдается увеличение высот волн, что может приводить к существенному возрастанию волновых нагрузок на гидротехнические сооружения.

Так, во время строительства морского порта Имеретинского, возведенного на побережье Имеретинской низменности в Адлерском районе г. Сочи, изобилующей подводными каньонами, в результате указанного эффекта, в декабре 2009 г. штормом были повреждены две секции строящегося оградительного сооружения.

Кроме того, в зонах каньонов наблюдается значительное увеличение высоты и, соответственно, длины наката волн на берег, что никак не предусматривается действующими нормативными документами и потому обычно не учитывается при проектировании гидротехнических сооружений. Это в ряде случаев приводит к разрушению берегозащитных сооружений, располагаемых на берегах с подводными каньонами.

Таким образом, **актуальными являются задачи** обобщения данных натурных наблюдений и научных исследований трансформации волн в мелководной зоне моря и их наката на берег на участках морских побережий сложного профиля, в частности, с подводными каньонами; разработки теоретического обоснования и математических моделей этих процессов, а

также реализующих эти модели компьютерных программ для проектирования гидротехнических сооружений, располагаемых на таких участках.

Объектом исследования является прибрежная зона моря при наличии сложного профиля дна, в частности, подводных каньонов

Предмет исследования – трансформация волн и их накат на берег в зонах подводных каньонов.

Целью работы является разработка математических моделей и компьютерных программ для расчета параметров волн на мелководье сложного профиля, а также наката волн на берега при различных уклонах надводной и подводной частей берегового склона.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- выполнить обзор исследований подводных каньонов на различных берегах;

- разработать математические модели и компьютерные программы для расчета параметров волн на мелководье сложного профиля, а также наката волн на берега при различных уклонах надводной и подводной частей берегового склона;

- выполнить калибровку моделей по экспериментальным данным;

- выполнить математическое моделирование параметров волн и их наката на берег на мелководье сложного профиля;

- разработать рекомендации для проектирования гидротехнических сооружений, располагаемых на морских побережьях со сложным профилем дна.

Методы исследования – анализ основных природных факторов, обуславливающих трансформацию волн и их накат на берег на мелководье сложного профиля. Гидравлическое и математическое моделирование волновых полей на мелководье сложного профиля.

Научная новизна результатов работы заключается в следующем:

- разработана и реализована в компьютерной программе математическая модель трансформации волн на мелководье сложного профиля, в том числе с учетом отражения волн от бровок подводных каньонов;

- разработана и реализована в компьютерной программе математическая модель наката волн на берега на мелководье сложного профиля, отличающемся различными уклонами надводной и подводной частей берегового склона;

- разработанные математические модели откалиброваны по данным гидравлического моделирования и сопоставлены с данными расчетов по нормативным документам;

- разработаны рекомендации для проектирования гидротехнических сооружений, располагаемых на морских побережьях со сложным профилем дна.

Практическое значение. Усовершенствованы методы расчета параметров волн на мелководье сложного профиля, высоты и длины их наката на берег. Это позволяет более надежно назначать параметры гидротехнических сооружений, располагаемых на берегах со сложным профилем дна.

Практическая значимость работы состоит в том, что на основе разработанных моделей и программных средств могут быть определены высотные отметки оградительных портовых сооружений, волновые нагрузки на них, масса элементов и уклоны набросных волногасителей, высотные отметки и глубины заложений берегозащитных сооружений, возводимых на побережьях со сложным профилем дна.

В качестве примеров практического применения разработанных программных средств, приводятся результаты моделирования параметров волн для оградительного волнолома морского терминала в Новой Гавани Ручьи в Лужской губе Балтийского моря, а также предложений по проведению дополнительных берегозащитных мероприятий на пляже сан. Голубая горка в Хостинской бухте в г. Сочи.

Личный вклад автора. Разработка математических моделей и программных средств, подбор данных гидравлического моделирования для калибровки моделей, калибровка математических моделей по этим данным, выполнение модельных и практических расчетов. Разработка рекомендаций для проектирования гидротехнических сооружений.

На защиту выносятся:

1. Математическая модель трансформации волн на мелководье сложного профиля с учетом отражения волн от подводных каньонов.
2. Математическая модель наката волн на мелководье сложного профиля, отличающемся различными уклонами надводной и подводной частей берегового склона.
3. Рекомендации для проектирования гидротехнических сооружений, располагаемых на морских побережьях со сложным профилем дна.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и были одобрены на 7-й и 8-й международных научно-практических конференциях «Строительство в прибрежных курортных регионах» (Сочи, 2012, 2014 гг.), на XXIV Международной научно-практической конференции «Морские берега – эволюция, экология, экономика» (Туапсе, 2012 г.), на XVI Международной межвузовской научно-техн. конф. Строительство - формирование среды жизнедеятельности (Москва, МГСУ, 2013 г.), на Международной научно-практической конференции «Методы защиты открытых песчаных берегов внутренних морей и концепция защиты морских берегов Калининградской области», (г. Светлогорск, Россия, 3-6 июня 2013 г.), на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития Российско-Абхазских отношений в туристской сфере в современных условиях», (г. Сухум, Республика Абхазия, 24 мая 2013 г.), на конференции «Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах-2013» (Сочи 11-12 октября 2013 г.), на конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова», г. Севастополь, МГИ РАН, 16-18 сентября 2015 г.

Достоверность результатов работы обеспечивается использованием действующих нормативных и рекомендательных документов, применением апробированных методов исследования, сочетающих математическое и гидравлическое моделирование, а также сопоставлением результатов, полученных различными методами.

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 20 опубликованных работах, среди которых 5 - в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и входящих в базу данных Scopus.

Структура и объем работы. Представленная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Диссертация представлена на 165 страницах. Текст сопровождается 19 таблицами и 93 рисунками. Список литературы включает в себя 121 наименование, из них 23 – на иностранных языках.

Работа соответствует паспорту специальности 05.23.16 Гидравлика и инженерная гидрология по разделам:

Значение решения научных и технических проблем данной специальности состоит в: повышении надежности и безопасности различных сооружений и устройств, проводящих жидкости и взаимодействующих с ними.

Области исследований: волны на поверхности жидкости и их воздействие на берега и сооружения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность работы; указывается объект и предмет исследования; формируются цель и задачи исследования; приводятся методы исследования. Раскрывается научная новизна работы и её практическая значимость; формулируются положения, выносимые на защиту.

В **первой главе «Состояние вопроса и постановка задач исследования»** рассмотрены общие сведения об участках мелководья сложного профиля на примере подводных канонв и трансформация волн в прибрежной зоне моря. Также приведена нормативная методика расчета наката волн на берег.

Автором рассмотрены работы Алешкова Ю.З., Давидана И.Н., Загрядской Н.Н., Кожевникова М.П., Кононкова Г.Е., Красножон Г.Ф., Крылова Ю.М., Лаппо Д.Д., Лонгинова В.В., Лопатухина Л.И., Некрасова А.И., Рожкова В.Н., Пелиновского Е.Н., Показеева К.В., Скерж-Зеньковича Я.И., Смирнова Г.Н., Сидоровой А.Г., Сретенского Л.Н., Стрекалова С.С., Цыплухина В.Ф., Шахина

В.М., Шулейкина В.В, Biesel F., Boussinesq J., Kinsman B., Lighthill J., Levi-Civita T., Munk W.H., Michel J.H., Pirson W.J., Stoker G.G, посвященные трансформации волн в мелководной и прибойной зонах моря.

По результатам наблюдений и исследований трансформации волн вблизи участков мелководья сложного профиля, в частности – подводных каньонов, установлено, что непосредственно над данными участками высоты волн уменьшаются по сравнению с окружающим мелководьем, а на прилегающей акватории с наветренной стороны, наоборот - увеличиваются.

При трансформации волн на участках мелководья сложного профиля, яркими представителями которых являются подводные каньоны, в прибрежной зоне моря имеют место следующие эффекты:

1. Рефракция волн на борту каньона.
2. Интерференция прямой и рефрагированной волн.
3. Отражение волн бровкой каньона.
4. Трансформация волн при пересечении ими каньона.

Превалирование того или иного эффекта зависит от угла подхода луча волны к оси каньона α , относительной глубины каньона d_k/d_p , где d_k – глубина в каньоне, d_p – глубина окружающего мелководья и крутизны склонов каньона $\partial d/\partial x$, где x – расстояние вдоль берега.

Кроме того, на трансформацию волн оказывает влияние форма каньона (П – образная или треугольная), а также его относительная ширина B_k/λ_{cp} , где B_k – ширина каньона, λ_{cp} – средняя длина волны на подходе к каньону.

Проблемой наката волн на берега занимались такие ученые, как Диденкулова И.И, Красножон Г.Ф., Лаппо Д.Д., Ли Ю., Мадсен П.А., Пелиновский Е.Н., Хомицкий В.В., Шайтан В.С., Шокин Ю.И. и другие.

Расчетные зависимости метода определения наката волн на прямолинейные откосы, укрепленные плитами, разработанные Г.Ф.Красножоном, легли в основу Российского нормативного метода.

Следует отметить, что практически отсутствуют работы, посвященные разработке методики расчета наката волн на берег, учитывающей особенности

рельефа прибрежной зоны на мелководье сложного профиля, в частности – различные уклоны надводного и подводного участков берегового склона.

В то же время, известно, что в ряде случаев наблюдалось разрушение сооружений, расположенных в прибойной или приурезовой зонах на морских побережьях со сложным профилем дна.

В результате анализа существующих методов расчета трансформации волн в прибрежной зоне моря и их наката на берег могут быть сделаны следующие основные выводы:

1. Нормативный метод расчета трансформации волн в прибрежной зоне моря не описывает отражение и трансформацию волн мелководья сложного профиля.

2. Нормативная методика расчета наката волн на берега и сооружения справедлива в предположении постоянного уклона берегового склона (откоса сооружения), что не соответствует условиям, имеющим место на морских побережьях со сложным профилем дна.

Во второй главе «Модель трансформации волн на мелководье сложного профиля» рассматривается процесс отражения волн от бровок подводных каньонов, предложена математическая модель, учитывающая отражение волн, приведены результаты экспериментальных исследований и по их данным проведена калибровка предлагаемой математической модели трансформации волн на морских побережьях со сложным профилем дна.

Основные положения разработанной математической модели заключаются в следующем. В случае косою подхода волн к оси депрессии (подводного каньона), имеет место неполное косое отражение волн от бровки каньона. Это приводит к образованию картины косой интерференции волн с наветренной стороны каньона. Непосредственно в зоне депрессии и на его подветренной стороне амплитуда волны оказывается меньше, чем амплитуда исходной волны, так как часть волновой энергии отражена депрессией.

Коэффициенты отражения волн от бровок подводных депрессий могут быть определены по формулам:

$$K_2 = \frac{1 - \cos(k_2 l)}{1 + \cos(2k_2 l)}, \quad (1)$$

$$K_1 = K_{кл} \frac{K_2 \cos(k_2 l)}{2 - K_2 \cos(k_2 l)}, \quad (2)$$

где K_1 , K_2 , - коэффициенты отражения от наветренной и подветренной бровок каньона; K_3 – коэффициент отражения от береговой границы; l - ширина каньона; k_2 – волновое число в зоне каньона, $k_2 = 2\pi/\lambda_k$, где λ_k – длина волны в зоне каньона.

При этом в формулу для коэффициента отражения входит калибровочный коэффициент $K_{кл}$, подлежащий определению по экспериментальным данным. При отсутствии таких данных $K_{кл} = 1.0$.

Калибровка предлагаемой математической модели трансформации волн на мелководье сложного профиля выполнена по данным гидравлического моделирования. Моделирование выполнялось на пространственной гидравлической модели в Научно-исследовательском центре «Морские берега» в полном соответствии с теорией подобия и научно обоснованными методами моделирования. Некоторые результаты приведены на рис.1.

Предлагаемая математическая модель трансформации волн на мелководье сложного профиля, реализована в специальной компьютерной программе. В программе предусмотрена возможность варьирования калибровочным коэффициентом $K_{кл}$ (2), а также возможность «отключать» влияние подводных каньонов на трансформацию волн.

Программа откалибрована по данным гидравлического моделирования, получено значение калибровочного коэффициента $K_{кл} = 1.2$.

В графической форме результаты экспериментов и расчетов для одного из направлений волнения приведены на рис. 2.



Рис. 1. Увеличение высот волн за счет рефракции и отражения от бровок каньонов.

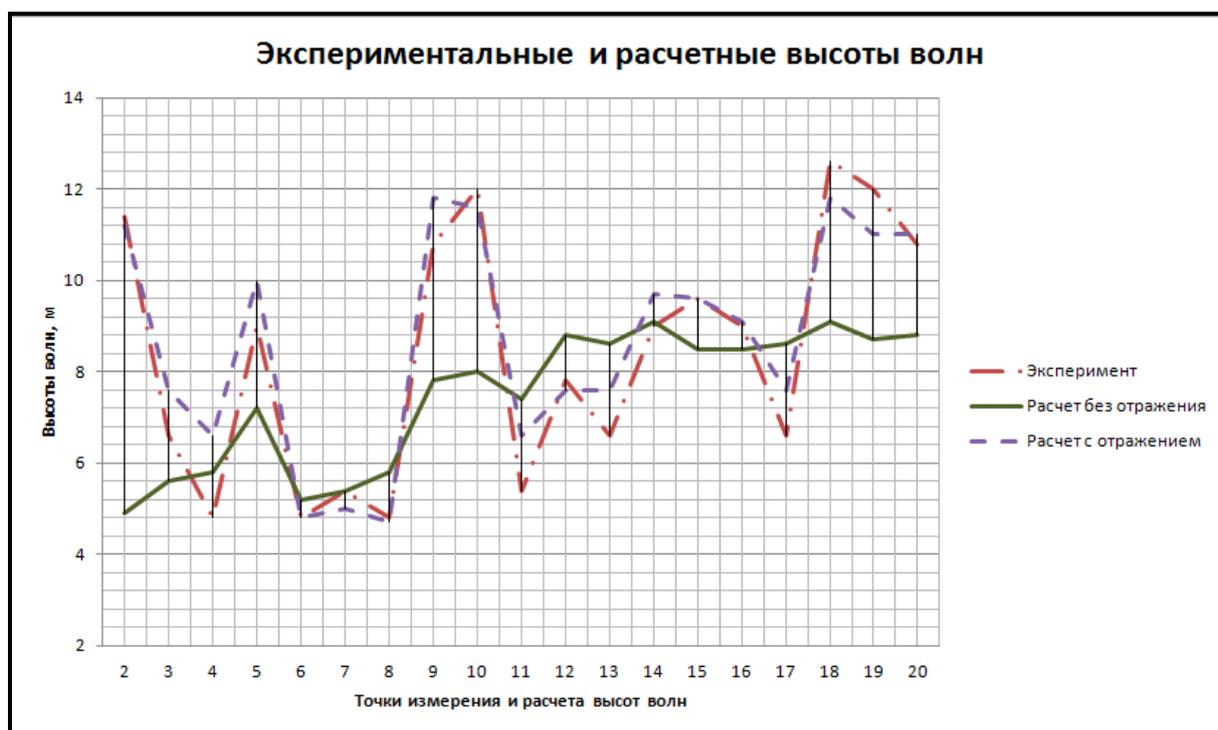


Рис. 2. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных при волнении с высотой волны 10.0 м и периодом 10.2 с

В третьей главе «Накат волн на берег на мелководье сложного профиля» рассмотрена предлагаемая математическая модель наката волн на берег на мелководье сложного профиля и калибровка этой модели.

В нормативной методике расчета наката волн на берег не учитывается разница уклонов надводного и подводного участков берегового склона. Автором разработана математическая модель наката волн на берег, учитывающая эти различия.

Зону наката обрушающихся волн на берег можно разделить на подводную часть шириной $L_{н.под} = d_{cr}/i_{под}$, где d_{cr} – глубина последнего обрушения волны, $i_{под}$ – уклон подводной части берегового склона (рис. 3) и надводную шириной $L_{н.над} = h_{н}/i_{над}$, где $h_{н}$ – высота наката волны на берег, $i_{над}$ – уклон надводной части пляжа.

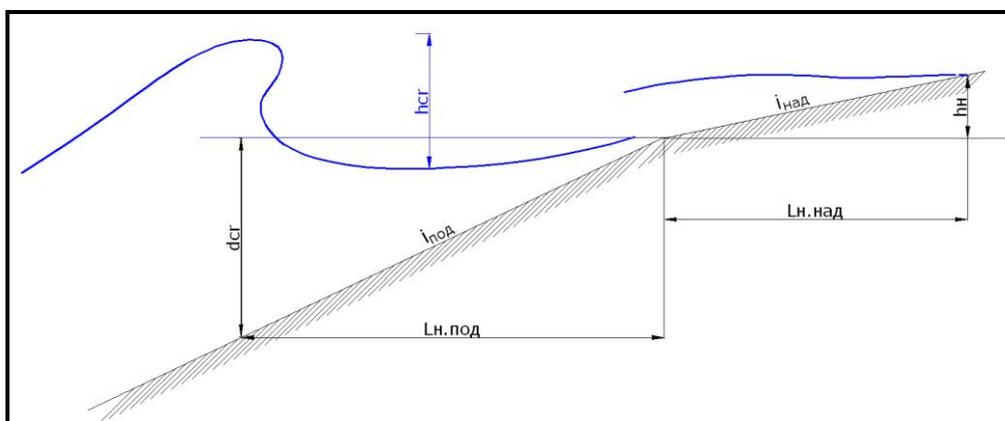


Рис. 3. Схема к расчету наката волны на берег

Определение высоты и длины наката обрушающихся волн на берег выполнено на основе закона сохранения энергии прибойных волн.

Кинетическая энергия единицы массы воды в гребне разрушающейся волны определяется следующим образом:

$$E_k = \rho V^2 / 2, \quad (3)$$

где ρ – плотность воды, V – скорость частицы в гребне волны, равная $V = (g(d_{cr} + h_{cr}))^{0.5}$, g – гравитационное ускорение, d_{cr} – глубина обрушения, h_{cr} – высота волны при обрушении.

Полагая для последнего обрушения $d_{cr} \approx h_{cr}$, получим $V = (2gh_{cr})^{0.5}$. Тогда $E_k = \rho gh_{cr}$.

При достижении частицей максимальной точки наката, она, израсходовав всю кинетическую энергию на преодоление сил турбулентной вязкости,

тяжести и трения, поднимется на высоту наката h_n над расчетным уровнем моря. При этом частица будет обладать потенциальной энергией $E_{п} = \rho g h_n$.

Проходя приурезовую зону между линией обрушения и урезом воды, частица потеряет на турбулизацию потока часть энергии

$$E_{турб} = \rho g k_{турб} h_{cr} / i_{под}, \quad (4)$$

где $k_{турб}$ – линейаризованный коэффициент турбулентной вязкости, $k_{турб} = K_{эк}((5/16)i_{под})^{1/3}(gd_{cr})^{0.5}T/\lambda_{cr}$, T – период расчетной волны, λ_{cr} – длина волны на линии обрушения, $i_{под}$ – уклон подводной части берегового склона, $K_{эк}$ – эмпирический калибровочный коэффициент, подлежащий определению по данным физического моделирования или натуральных наблюдений.

При подъеме на высоту h_n , по надводной части берегового откоса с уклоном $i_{над}$, частица затратит на преодоление силы трения и проницаемость откоса энергию, равную

$$E_{трн} = \rho g h_n (1 - k_r)(1 - k_p) / i_{над}, \quad (5)$$

где k_r , k_p – коэффициенты шероховатости и проницаемости надводного откоса пляжа, определяемые по таблице из нормативной документации.

Приравнивая кинетическую и потенциальную энергии, и учитывая потери, получим:

$$\rho g h_{cr} = \rho g h_n + \rho g k_{турб} h_{cr} / i_{под} + \rho g (1 - k_r)(1 - k_p) h_n / i_{над}, \quad (6)$$

откуда

$$h_n = (1 + r) h_{cr} (1 - (k_{турб} / i_{под})) / (1 + ((1 - k_r)(1 - k_p) / i_{над})), \quad (7)$$

где r – коэффициент отражения.

Длина наката волны на надводную часть пляжа определяется по формуле:

$$L_{н.над} = h_n / i_{над}. \quad (8)$$

Была выполнена калибровка предложенной модели наката волн на берег как по нормативной методике в предположении постоянного уклона дна, так и по данным гидравлического моделирования наката волн на берег и сооружение на морских побережьях со сложным профилем дна.

По результатам калибровки модели получена следующая зависимость для калибровочного коэффициента $K_{эк}$:

– при $i_{nod} < 0.12$ $K_{эк} = 0.136 + i_{nod}$;

– при $i_{nod} \geq 0.12$ $K_{эк} = 0.360 - i_{nod}$.

Сопоставление результатов экспериментов по определению высоты наката волн на берег и берегозащитное сооружение с расчетами по нормативной методике и по предлагаемой математической модели, приведено в табл. 1.

Таблица 1– Параметры наката волн в зоне каньона Нового в Имеретинской низменности г. Сочи, полученные в экспериментах, рассчитанные по нормативной методике (СП 38.13330.2012) и по предлагаемой модели

Напр. шторма	Исходные элементы волны			Результаты экспериментальных исследований, расчет по СП 38.13330.2012 и по предлагаемой модели					
	h , м	T , с	λ , м	$h_{нак.эк.}$ М	$L_{нак.эк.}$ М	$h_{нак.СП.}$ М	$L_{нак.СП.}$ М	$h_{нак.Мод.}$ М	$L_{нак.Мод.}$ М
ЗЮЗ	11,04	16.1	153	>4.90	>70	3.83	54.8	4.99	71.3
ЮЗ	10.61	8.65	94	4.80	68.6	3.18	45.5	4.83	69.0
Ю	7.68	13.1	123	4.00	57.1	3.10	44.3	3.93	56.2

Как следует из табл. 1, результаты расчета параметров наката волн на берег и сооружение в вершине каньона Нового по нормативному документу являются существенно заниженными по сравнению с экспериментальными данными. Расчет по предлагаемой математической модели дает результаты, соответствующие данным экспериментов с расхождением не более 8%. Это позволяет рекомендовать ее для применения в проектной практике.

В четвертой главе «Численное моделирование и практическое применение разработанных математических моделей», представлено моделирование трансформации и наката волн на берег на морских побережьях со сложным профилем дна и приведены примеры практического применения предлагаемых методов.

По результатам численных экспериментов по отражению волн от бровок подводных депрессий установлено следующее:

- при увеличении относительной глубины подводной депрессии, относительная высота волны на наветренной ее бровке также увеличивается;

- с увеличением угла подхода луча волны к оси подводной депрессии, относительная высота волны на бровке депрессии уменьшается;

- более пологие (длинные) волны сильнее отражаются от бровок подводных депрессий, чем крутые (короткие) волны, причем это различие тем больше, чем меньше относительная глубина депрессии.

По результатам численного моделирования наката волн на берег в вершинах подводных депрессий установлено следующее:

- с увеличением уклона подводной части берегового склона, высота наката волн вначале резко увеличивается, а затем это увеличение становится более плавным. Кроме того, имеет место зависимость относительной высоты наката от высоты волны (крутизны) – чем больше высота волны (крутизна), тем больше относительная высота наката;

- с увеличением уклона подводной части берегового склона, относительная длина наката вначале значительно возрастает, а с соотношения $i_{под}/i_{над} \approx 1.60$, этот рост становится плавным.

Практическое применение модели трансформации волн приведено на примере расчета элементов волн на подходах к проектируемому терминалу в Новой Гавани Ручьи в Лужской губе Балтийского моря. По результатам расчетов установлено, что масса фасонных блоков в головной части реконструируемого волнолома, примыкающей к подходному каналу, с учетом эффекта отражения волн, должна быть увеличена на 40% по сравнению с проектной.

Рекомендации по учету различий в уклонах подводной и надводной частей берегового склона при расчетах наката волн на берега и сооружения на мелководье сложного профиля использованы при разработке предложений по проведению дополнительных берегозащитных мероприятий на пляже сан. Голубая горка в Хостинской бухте в г. Сочи. Это позволило уточнить проектные параметры откосного берегоукрепления и волногасящего пляжа на 15 – 25%.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

По результатам исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Разработана математическая модель трансформации волн на мелководье сложного профиля, в том числе при наличии подходных каналов к портам, учитывающая отражение волн от их бровок. Модель откалибрована по данным гидравлического моделирования на пространственной модели и реализована в виде компьютерной программы, официально зарегистрированной в установленном порядке.

2. Разработана математическая модель наката волн на берег, учитывающая различия в уклонах подводной и надводной частей берегового склона. Модель откалибрована как по нормативной методике в предположении постоянного уклона дна, так и по данным гидравлического моделирования наката волн на берег и сооружение на мелководье сложного профиля.

3. Выполнены численные эксперименты по оценке влияния параметров волн и геометрических размеров подводных каньонов на высоту волн на их наветренных бровках, а также эксперименты по оценке влияния крутизны подводной части берегового склона на высоту наката волн.

4. По результатам исследований разработаны практические рекомендации для определения параметров волн и их наката на берег в зонах подводных депрессий, которые заключаются в следующем:

- в случаях расположения оградительных сооружений портов в зонах подводных депрессий при косом подходе расчетных волн к осям депрессий и соотношении глубин в депрессии d_k и на прилегающем мелководье d_1 $d_k/d_1 \geq 1.5$ необходимо учитывать увеличение высот волн, воздействующих на сооружения в результате их отражения от бровок депрессий;

- при наличии подходных каналов к портам, имеющих то же соотношение глубины в канале и на окружающей акватории $d_k/d_1 \geq 1.5$, необходимо учитывать отражение волн от бровок каналов и, соответственно, увеличение их воздействия на головные участки оградительных сооружений;

- расчет высот волн с учетом их отражения от бровок подводных депрессий и подводных каналов к портам может быть выполнен по методике, разработанной автором;

- при проектировании берегозащитных сооружений, располагаемых против вершин подводных депрессий, следует учитывать приближение зоны обрушения волн к урезу воды, существенное увеличение высоты и длины наката волн на берега и сооружения по сравнению с зонами вне вершин депрессий. Указанные обстоятельства приводят к значительному увеличению волновых нагрузок и воздействий на сооружения в зонах со сложным профилем дна, по сравнению с прилегающими участками берега;

- расчет высоты и длины наката волн на берега и сооружения может быть выполнен по методике, разработанной автором.

5. Разработанные рекомендации нашли практическое применение при определении расчетных параметров волн и, соответственно, конструкций сооружений, для оградительного волнолома морского терминала в Новой Гавани Ручьи в Лужской губе Балтийского моря, а также при разработке предложений по проведению дополнительных берегозащитных мероприятий на пляже сан. Голубая горка в Хостинской бухте в г. Сочи.

Публикации материалов диссертации

Материалы диссертации, опубликованные в 20 изданиях, среди которых 5 - в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и входящих в базу данных Scopus.:

1. Макаров К.Н., Катлине Коблев А.Х. Накат волн на берега и сооружения с учетом особенностей рельефа подводного берегового склона // Природообустройство, 2013, № 4, с. 59 – 62.

2. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Накат волн на берега и сооружения на участках с подводными каньонами // Гидротехническое строительство, 2013, № 8, с. 39-42.

3. Koblev A. Kh., Makarov, K.N. Run of Waves onto Shore and Structures in Sections with Underwater Canyons // Power Technology and Engineering. Jan. 2014, Vol. 5, pp. 348-351.

4. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Трансформация волн в зонах подводных каньонов // Гидротехническое строительство, 2015, № 2, с. 96-101.

5. Katline Koblev A.Kh., Makarov K.N. Wave Transformation in the Zone of a Submarine Canyon // Power Technology and Engineering. Sept. 2015, Vol. 49, [Issue 3](#), pp 165-170

Материалы диссертации, опубликованные в других научных изданиях:

6. Макаров К.Н., Катлине Коблев А.Х. О влиянии подводных каньонов на гидродинамику прибрежной зоны моря // Гидротехника», 2011, № 2 (22), с. 54 – 58.

7. Макаров К.Н., Катлине Коблев А.Х. Возможные причины разрушения секций строящегося юго-западного оградительного мола порта Имеретинского в Адлерском районе г. Сочи. - II Международная научно-практическая конференция, посвященная 15-летию со дня основания Филиала ГОУ ВПО РГГМУ в г. Туапсе «ГЕОСИСТЕМЫ: ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ, МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ», г. Туапсе, 4-8 октября 2011г., с. 304-307.

8. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Накат разрушающихся волн на берег с учетом уклонов подводного и надводного участков берегового склона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2012, № 9 (164), с.46–49.

9. Катлине Коблев А.Х., Лещенко С.В., Макаров К.Н. Накат разрушающихся волн на берег в зонах подводных каньонов. - Морские берега - эволюция, экология, экономика. Материалы XXIV Международной береговой конференции. – г. Туапсе, 01 – 06 октября 2012 г., т. 2, с. 193 – 197.

10. Катлине Коблев А.Х. Особенности наката волн на берег в зонах подводных каньонов. - Строительство в прибрежных курортных регионах.

Материалы 7-й международной научно-практической конференции. - г. Сочи, 14 – 19 мая 2012 г., с. 164 - 166.

11. Koblev A. Kh., Makarov, K.N. Wave Run Up in Zones of Underwater Canyons // European Researcher. International Multidisciplinary Journal, 2013, № 5-1, pp. 1185-1188.

12. Koblev A. Kh., Makarov, K.N. Wave Reflection in SUBMARINE Canyons// European Journal of Technology and Design, 2013, Vol. (1), No 1, pp. 42-47.

13. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Поля волн в зонах подводных каньонов.- SWorld – 1-12 October 2013. <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/oct-2013>.

14. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Программа расчета элементов волн в прибрежной зоне при наличии подводных каньонов. - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618846 от 19 сентября 2013 г.

15. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Влияние подводных каньонов на волновой режим прибрежной зоны моря. - Первая Всероссийская научно-практ. конф. «Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах» - Сочи, СГУ, 11 – 12 ноября 2013 г., с.122-133.

16. Макаров К.Н., Макаров Н.К., Катлине Коблев А.Х. Некоторые новые математические модели в прибрежной морской гидротехнике // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2014, № 2, с. 18-21.

17. Новые математические модели и программные комплексы в прибрежной морской гидротехнике. Под. ред. проф. К.Н.Макарова (монография) / Иванов А.В., Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н., Лещенко С.В., Макаров Н.К., Погорельцев Ю.Р. , Шевцов В.С., Леонова А.Н. – Сочи, СГУ, 2014, 187 с.

18. Катлине Коблев А.Х. Моделирование воздействия волн на берег в зоне подводных каньонов. - Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы VIII Международной конф., г. Сочи, 19– 22 мая 2014 г., с. 191-212.

19. Катлине Коблев А.Х., Макаров К.Н. Воздействие волн на берегозащитные сооружения в зонах подводных каньонов. - Сборник научных трудов «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря». Вып.1, Севастополь, Морской гидрофизический институт, 2015, с. 66-73.

20. Макаров К.Н., Катлине Коблев А.Х. Воздействие волн на берегозащитное сооружение в зоне влияния локального понижения дна. - Гидротехника, 2016, № 2, с. 35-37.

