

На правах рукописи



Макаров
Николай Константинович

ДИНАМИКА ГАЛЕЧНЫХ ПЛЯЖЕЙ В ОГРАЖДЕННЫХ АКВАТОРИЯХ

Специальность 05.23.16 – «Гидравлика и инженерная гидрология»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2014

Работа выполнена на кафедре «Водохозяйственное и гидротехническое строительство» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Альхименко Александр Иванович

Официальные оппоненты:

Нуднер Игорь Сергеевич,
доктор технических наук,
профессор Балтийского государственного
технического университета "Военмех" им. Д. Ф. Устинова

Чубаренко Борис Валентинович,
кандидат физико-математических наук,
зам. директора по науке Атлантического отделения
института океанологии им. П. П. Ширшова РАН

Ведущая организация: Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт морского транспорта "Союзморниипроект", г. Москва

Защита состоится 12 февраля 2015 г. в 14-00 на заседании диссертационного совета Д 212.229.17 в ФГ АОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, Гидрокорпус-2, ауд. 411.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте (<http://www.spbstu.ru>) и в фундаментальной библиотеке ФГ АОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного политехнического университета».

Автореферат разослан " ____ " _____ 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук

Сидоренко Геннадий Иванович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Общая длина галечных берегов составляет около 5% от всей береговой линии Мирового океана или порядка 40 тыс. км.

Галечные пляжи распространены на Черноморском побережье Кавказа и Крыма. Только в г. Сочи длина галечного берега составляет около 145 км. При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что эти берега, по сути, являются единственной в России территорией с климатом, приближающимся к субтропическому. Это обуславливает их исключительно высокую значимость для рекреационных целей.

Согласно современной концепции берегозащиты везде, где это приемлемо по технико-экономическим показателям, стремятся расширять существующие или создавать новые искусственные пляжи.

Однако для создания искусственных пляжей необходима отсыпка береговую зону и без того дефицитного инертного пляжеобразующего материала. Поэтому создание свободных пляжей (без пляжеудерживающих сооружений) с постоянными их эксплуатационными пополнениями, является весьма затратным и экономически нецелесообразным мероприятием.

В этой связи, в мировой практике используются различные типы пляжеудерживающих гидротехнических сооружений. К ним относятся поперечные сооружения типа бун, продольные сооружения типа волноломов различных конструкций, искусственные мысы и острова, подводные рифы, сквозные стены, свайные поля и другие сооружения.

Таким образом, задача моделирования динамики галечных пляжей под защитой пляжеудерживающих сооружений различных типов, а также пляжей, создаваемых на искусственных островных комплексах, является актуальной. На основе такого моделирования определяются оптимальные параметры пляжеудерживающих гидротехнических сооружений.

Объектом исследования: является береговая зона бесприливных морей.

Предмет исследования: галечные пляжи в огражденных акваториях.

Цель работы: разработка математических моделей и программного комплекса для моделирования динамики галечных пляжей в акваториях огражденных бунами, волноломами, искусственными мысами, а также пляжей на искусственных островных комплексах.

Задачи исследования:

1. Выполнить обзор теоретических и экспериментальных исследований по теме диссертации.

2. Разработать математические модели динамики галечных пляжей в огражденных акваториях с учетом дифракции, рефракции, трансформации волн, изменения профиля пляжа в зависимости от параметров волн.

3. Разработать программный комплекс, реализующий указанные модели.

4. Выполнить калибровку моделей по экспериментальным данным.

5. Выполнить расчеты динамики галечных пляжей для реальных объектов.

6. Разработать рекомендации для определения размеров искусственных мысов под защитой волноломов и бухт между ними на берегах с галечными наносами.

Научная новизна работы:

- модифицирована и реализована в программном комплексе математическая модель дифракции, рефракции и обрушения волн на акваториях искусственных островных комплексов со сложной конфигурацией оградительных сооружений, с учетом переменной глубины;

- модифицирована и реализована в программном комплексе модель динамики галечного пляжа в межбунных отсеках при наличии волноломов и на акватории искусственных островных комплексов с учетом дифракции, трансформации, рефракции и обрушения волн на отдельных участках;

- даны рекомендации по несимметричному расположению волноломов в межбунных отсеках при наличии разнонаправленных штормовых воздействий;

- разработана математическая модель формирования искусственных мысов и устойчивых бухтовых галечных пляжей между ними. Даны рекомендации по

определению оптимальных параметров искусственных мысов и бухт для формирования устойчивых галечных берегов;

- разработан программный комплекс, реализующий все указанные модели в виде комплекса программных средств.

Личный вклад автора заключается в модификации модели распространения волн на акваториях островных комплексов, разработанной К.Н.Макаровым и К.И.Королевым в предположении постоянной глубины акватории, для учета рефракции, трансформации и обрушения волн на переменной глубине; разработке модели динамики островного галечного пляжа; разработке рекомендаций о расположении волноломов в межбунных отсеках и назначении параметров систем волноломов с искусственными мысами и бухтами; разработке расчетных компьютерных программ, реализующих предлагаемые математические модели, а также в калибровке моделей по данным гидравлического моделирования, выполненного при участии автора.

Практическое значение: усовершенствованы методы решения актуальной задачи оптимизации параметров пляжеудерживающих гидротехнических сооружений на берегах с галечными наносами.

Практическая значимость работы состоит в том, что на основе разработанных моделей и программных средств могут быть определены оптимальные размеры бун, межбунных отсеков, длины волноломов и расстояние их от берега, параметры пляжеудерживающих шпор на островных комплексах, а также размеры искусственных мысов и расстояния между ними, обеспечивающие создание устойчивых бухтовых галечных пляжей.

В качестве примеров практического применения разработанных программных средств, приводятся результаты математического моделирования проектных галечных пляжей для реконструкции Приморской набережной в г. Сочи.

На защиту выносятся:

1. Модифицированная математическая модель дифракции, рефракции и обрушения волн на акваториях искусственных островных комплексов со сложной конфигурацией оградительных сооружений, с учетом переменной глубины.
2. Модифицированная математическая модель динамики галечного пляжа в межбунных отсеках при наличии волноломов и на акватории искусственных островных комплексов с учетом дифракции, трансформации, рефракции и обрушения волн на отдельных участках.
3. Рекомендации о несимметричном расположении волноломов в межбунных отсеках при наличии разнонаправленных штормовых воздействий.
4. Рекомендации по определению основных параметров искусственных мысов и бухт для формирования устойчивых галечных берегов.
5. Программный комплекс, реализующий все указанные модели в виде комплекса программных средств.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и были одобрены на 9 всероссийских и международных научно-практических конференциях.

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

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 20 опубликованных работах, среди которых 5 в рецензируемых научных изданиях, реферируемых ВАК РФ.

Структура и объем работы. Представленная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Диссертация представлена на 161 странице. Текст сопровождается 6 таблицами и 97 рисунками. Список

литературы включает в себя 142 наименования, из них 27 – на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В **первой главе «Современные представления о динамике галечных пляжей и постановка задач исследования»** рассмотрены основные природные факторы динамики галечных пляжей, такие как ветровые волны; течения всех типов; колебания уровня моря, включая штормовой нагон в прибойной зоне моря; геолого-геоморфологическое строение, включающее физико-химические свойства и гранулометрический состав пород, слагающих береговой склон.

Автором рассмотрены работы А.И.Альхименко, Е.В.Бондаревой, Н.Н.Джунковского, А.М.Жданова, Н.Н.Загрядской, В.П.Зенковича, И.Г.Кантаржи, В.О.Костина, В.В.Лонгинова, О.К.Леонтьева, И.О.Леонтьева, В.П.Мальцева, К.Н.Макарова, В.А.Петрова, В.М.Пешкова, Г.Н.Смирнова, Р.М.Глявлиня, В.М.Шахина, Н.А.Ярославцева, P.Bruun, R.D.Dallymple, H.Nachimoto, J.W.Kamphuis, M.S.Longuet-Higgins, S.Massel, D.Reeve, J.Ribberink, L.C.VanRijn, A.Watanabe, посвященные динамике динамике прибрежной зоны моря.

Следует отметить, что в литературе практически отсутствуют работы, посвященные динамике галечных пляжей на искусственных островных комплексах. Установлено также, что отсутствует модель формирования бухтовых галечных пляжей под защитой искусственных мысов.

На основании проведенного анализа сформулированы задачи диссертационного исследования.

Вторая глава «Гидродинамика прибрежной зоны моря» посвящена рассмотрению методик определения элементов ветровых волн на глубокой

воде, их трансформации в прибрежной зоне моря, влиянию эффектов дифракции на элементы волн на огражденных акваториях. Отмечено, что нормативные методы расчета элементов волн на огражденных акваториях не рассматривают эту задачу применительно к акваториям искусственных островных комплексов (когда акватория открыта не со стороны моря, а со стороны берега).

Автором предложена и реализована в программном комплексе методика расчета элементов волн на акваториях островных комплексов с учетом дифракции, рефракции, отражения и обрушения волн для оградительных островных сооружений сложной конфигурации. Методика является модификацией модели, ранее разработанной К.И.Королевым и К.Н.Макаровым для условий постоянной глубины акватории.

Если островное оградительное сооружение состоит из волноломов, не сходящихся внутрь акватории островной гавани, то расчет ведется как для обычного волнолома, но с учетом отражения волн от границ. Тогда коэффициент дифракции $k_{dif,i}$ и высота дифрагированных волн $h_{dif,i}$ в i расчетной точке акватории гавани определяются по формулам:

$$k_{dif,i} = \sqrt{k_{dif,l}^2 + k_{dif,n}^2}, \quad (1)$$

$$h_{dif,i} = k_{dif,i} h_{uc}, \quad (2)$$

где h_{uc} - высота исходной волны, идущей со стороны моря, $k_{dif,l}$, $k_{dif,n}$ – полные (с учетом отражения) коэффициенты дифракции волн, определяемые по формуле:

$$k_{dif,l(n)} = (k_{dif,np,l(n)} + k_{ref,om,l(n)}) , \quad (3)$$

где $k_{dif,np,l(n)}$ – коэффициент дифракции прямой волны, $k_{ref,от,l(n)}$ – коэффициент отражения от границы акватории, рассчитываемый согласно нормативным документам. При этом точкой отражения считается точка волнолома, из которой лучи отраженных волн, приходят в расчетную точку.

Если волноломы острова сходятся внутрь островной гавани (рис. 1), то

расчет дифрагированных волн выполняется в три этапа:

1. Рассчитываются коэффициенты дифракции в головах второго и третьего волноломов $k_{dif,12}, k_{dif,13}$ (рис. 1) по формулам (1), (2). При этом дифрагированная волна предполагается идущей вдоль соответствующего волнолома.

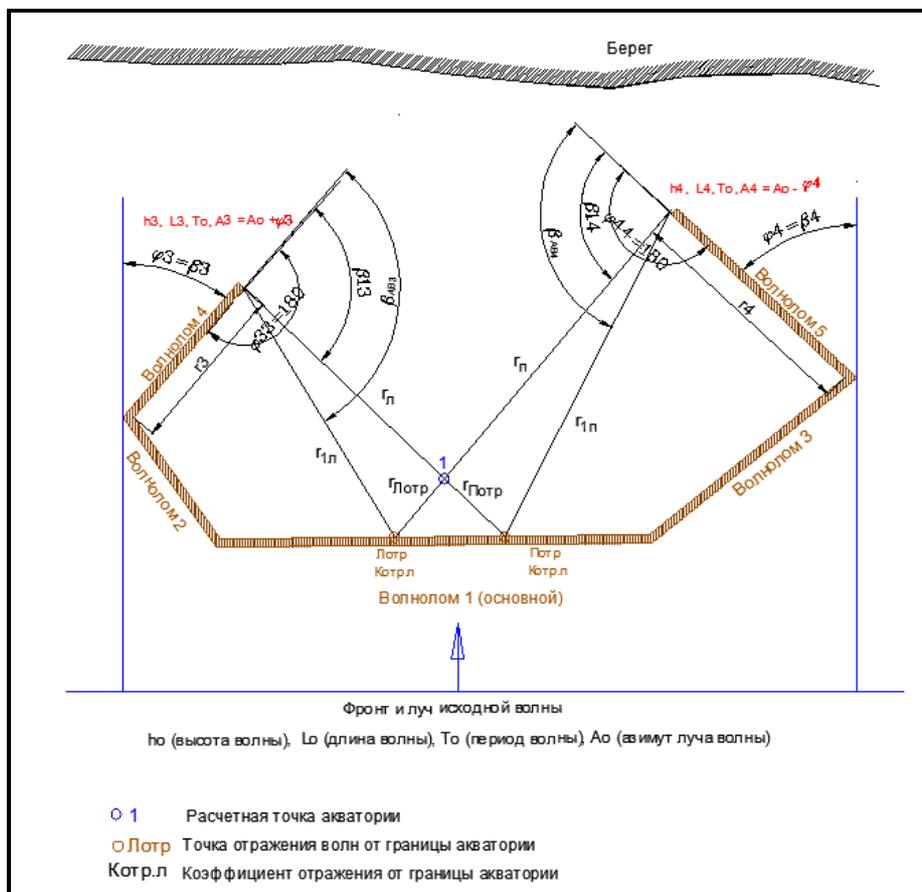


Рис. 1. Схема конфигурации оградительных сооружений островной гавани с волноломами, сходящимися внутрь гавани

2. Рассчитываются вторичные коэффициенты дифракции от голов четвертого и пятого волноломов (рис. 1) до расчетной точки с учетом отражения $k_{dif,24}, k_{dif,25}$.

3. Рассчитываются полный коэффициент дифракции волн в расчетной точке:

$$k_{dif,пол} = \left((k_{dif,12} * k_{dif,24})^2 + (k_{dif,13} * k_{dif,25})^2 \right)^{0.5} \quad (4)$$

и высота волны в этой точке:

$$h_{dif,i} = k_{dif,полн} h_{uc} \quad . \quad (5)$$

В случае переменной глубины акватории для каждой расчетной точки определяются коэффициенты рефракции и трансформации волн, а при наличии надводной части (пляжа), также их обрушение.

В третьей главе «Математические модели динамики галечных пляжей» рассмотрены транспорт наносов в прибрежной зоне моря и динамика галечных пляжей.

Дан краткий анализ методик расчета емкости вдольберегового потока галечных и смешанных наносов. Отмечено, что экспериментальная проверка показала, что более сложные «исследовательские» модели не обнаруживают пока заметных преимуществ по сравнению с более простыми «практическими» в плане достоверности оценки перемещения наносов.

Поэтому в данной работе для определения величины емкости вдольберегового потока наносов Q_e используется формула из СП «Проектирование морских берегозащитных сооружений».

Фронт переноса наносов во вдольбереговом потоке L_z определяется по формуле:

$$L_z = d_{cr}/tg\varphi_0 + h_n/tg\varphi_0 \quad , \quad (6)$$

где d_{cr} – глубина обрушения расчетных волн, h_n – высота наката волн на пляж, $tg\varphi_0$ –средний уклон профиля относительного динамического равновесия галечного пляжа.

Расчетная емкость (реальный расход) вдольберегового потока наносов реализуется на ширине L_z при условии протяжения подводной части пляжа до глубины не менее d_{cr} и ширины надводной части пляжа не менее длины наката волн на берег $L_n = h_n/tg\varphi_0$.

Если указанные условия не выполняются, то реальный расход вдольберегового потока наносов будет меньше емкости и составит

$$Q_m = Q_e * K_{red} \quad , \quad (7)$$

где K_{red} - редуцирующий (понижающий) коэффициент.

В общей постановке, расчет деформаций дна и берега, в том числе и галечных пляжей, выполняется по фундаментальному уравнению сохранения массы вещества:

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{1}{(1-n)} \left(\frac{\partial Q_M}{\partial x} + \frac{\partial Q_M}{\partial y} \right) = 0, \quad (8)$$

где d - глубина; t - время; n - коэффициент пористости грунта; x, y - оси координат; Q_M - расход наносов.

Если предположить, что в процессе шторма пляж быстро адаптируется к волнению и его поперечный профиль принимает равновесную форму, то поперечным транспортом наносов можно пренебречь и преобразовать уравнение (8) в конечно-разностную форму в одномерной постановке в виде (рис. 2):

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_M}{\Delta X}. \quad (9)$$

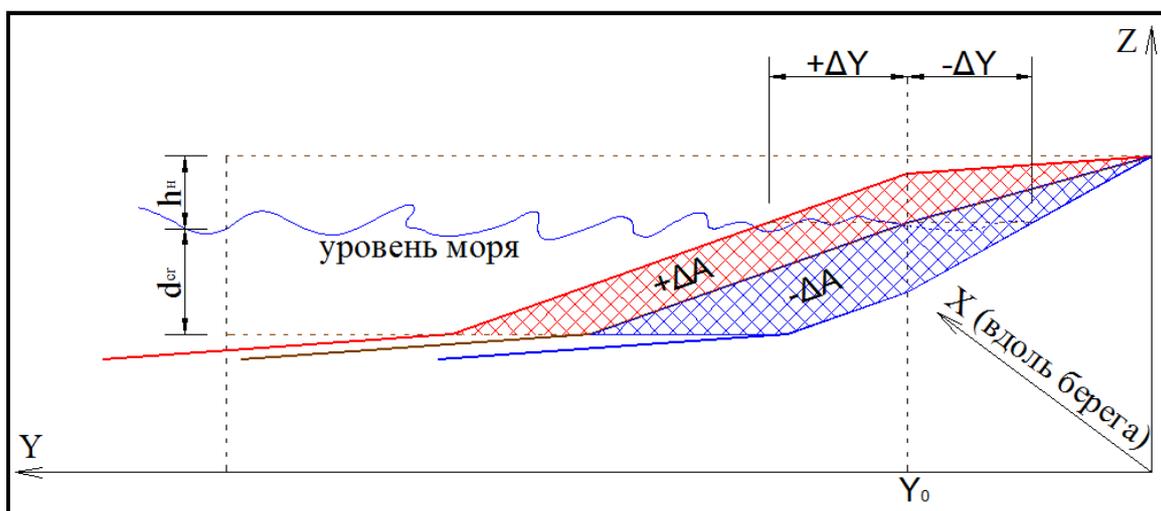


Рис. 2. Схема поперечного профиля пляжа при положительном (+ ΔA) и отрицательном ($-\Delta A$) балансе наносов (береговой склон ниже d_{cr} условно считается горизонтальным)

Учитывая, что $\Delta A = (d_{cr} + h_n) * \Delta Y$, где d_{cr} - глубина обрушения расчетных волн, h_n - высота наката волн на пляж, ΔY - изменение положения береговой линии, получим:

$$\Delta Y = K_z \frac{\Delta Q_M \Delta t}{\Delta X (d_{cr} + h_n)}, \quad (10)$$

где t - время, X - расстояние вдоль берега, K_2 - калибровочный коэффициент, который подлежит определению по лабораторным или натурным измерениям. В случае отсутствия таких данных, коэффициент K_2 принимается равным $K_2 = 1$. Данное уравнение является дополненным и модифицированным уравнением, предложенным Макаровым К.Н.

На основе моделей дифракции, рефракции, обрушения волн на огражденных акваториях, а также модели транспорта галечных наносов разработаны комплексные математические модели динамики свободных галечных пляжей, пляжей с бунами, волноломами, в комплексе бун и волноломов, на акваториях, огражденных сходящимися молами и на акваториях островных комплексов со сложной конфигурацией оградительных сооружений. Все модели реализованы в программном комплексе, (ПК), разработанном при участии автора. Следует отметить, что в этом ПК предусмотрена специальная калибровочная программа, позволяющая по данным гидравлического моделирования автоматически определять коэффициенты K_2 для каждого модельного участка.

В четвертой главе «Калибровка математических моделей динамики галечного пляжа» приводится сопоставление результатов математического и гидравлического моделирования динамики галечного пляжа по объектам: «Реконструкция Приморской набережной в Центральном районе г. Сочи» и «База отдыха «Каравелла», на Южном берегу Крыма в районе мыса Фиолент.

Гидравлическое моделирование проводилось в волновом бассейне НИЦ «Морские берега» (г. Сочи) и выполнялось в масштабе 1:50 в полном соответствии с теорией подобия и данными топографических съемок.

По данным этого моделирования выполнена калибровка математической модели динамики галечного пляжа под защитой только бун, бун и волноломов в межбунных отсеках и бун с волноломами в их головных частях. Во всех случаях удалось подобрать калибровочные коэффициенты для математических моделей, использование которых позволяет получить результаты расчетов, удовлетворительно совпадающие с данными гидравлического моделирования.

На рис. 3 приведено сопоставление результатов математического и гидравлического моделирования после калибровки модели.

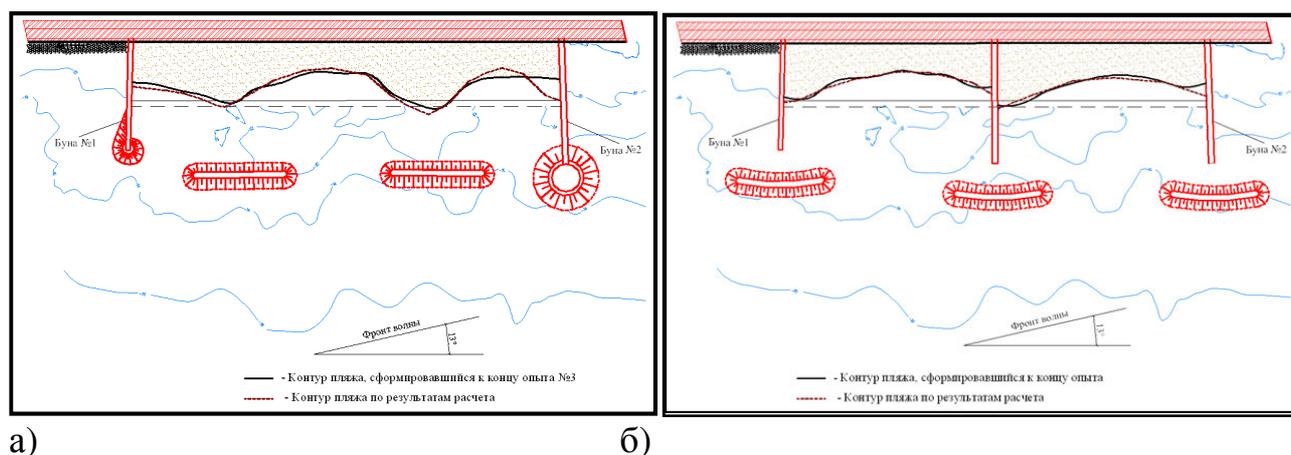


Рис. 3. Планы моделей после опытов с двумя бунами и двумя волноломами – а), с тремя бунами и тремя серповидными волноломами против их головных частей – б). Красная пунктирная линия – результат математического моделирования, черная сплошная – урез воды в конце опыта на модели

Аналогичным образом была выполнена калибровка модели динамики островного пляжа. Для этого использовались данные гидравлического моделирования берегозащитных сооружений базы отдыха «Каравелла» в Крыму (рис.4).

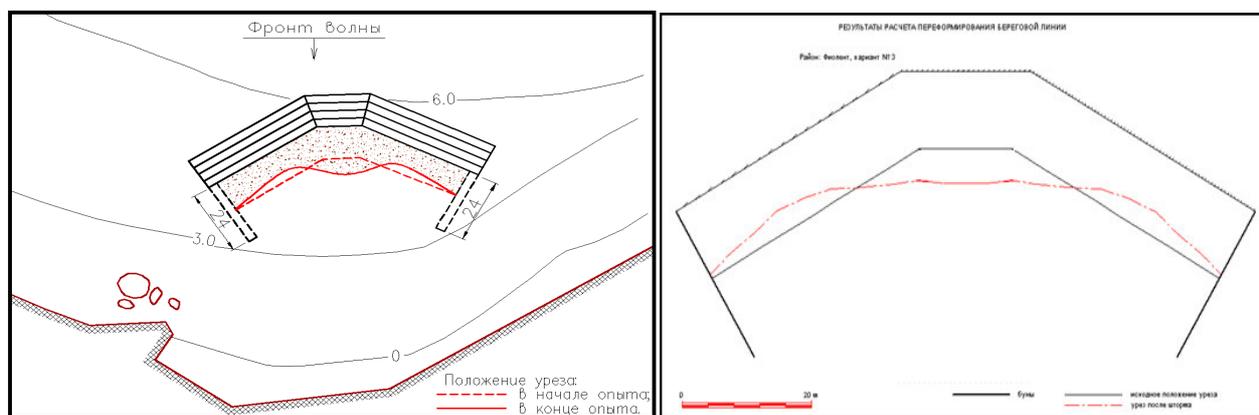


Рис. 4. Результаты гидравлического (слева) и математического (справа) моделирования динамики островного галечного пляжа

Таким образом, разработанная модель динамики галечных пляжей удовлетворительно соответствует данным физических экспериментов по ширине пляжей и может быть использована для прогноза переформирования

пляжей, в том числе с пляжеудерживающими сооружениями и на искусственных островах.

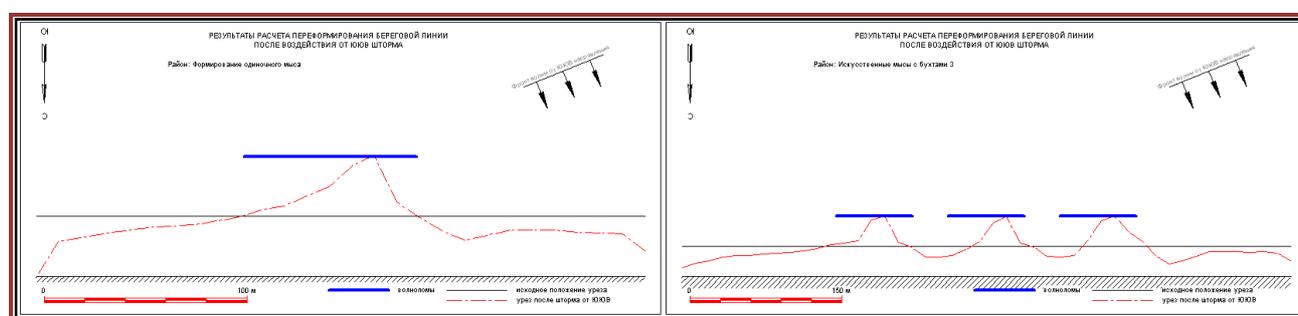
В пятой главе «Практическое применение моделей динамики галечных пляжей», представлены результаты математического моделирования для проекта реконструкции Приморской набережной в г. Сочи при сочетании волноломов и бун; для традиционного варианта гидротехнических сооружений с относительно короткими бунами; для бухтового варианта пляжеудерживающих сооружений.

Далее в главе приводится методика определения параметров гидротехнических сооружений при бухтовом варианте защиты берега галечными пляжами, а именно:

-определение расстояния от коренного берега (волнозащитной стены) до волнолома l и длины волнолома b , при которых из естественного вдольберегового потока галечных наносов или из искусственной отсыпки формируется искусственный мыс, соединенный с волноломом (томболо);

-определение расстояния между мысами S , при котором между ними формируются устойчивые галечные пляжи заданной ширины, обеспечивающие защиту берега и рекреационные цели.

Указанные параметры определены по данным математического моделирования с использованием откалиброванной модели. На рис. 5 приведены результаты моделирования формирования одиночного искусственного мыса и группы мысов.



а)

б)

Рис. 5. Результаты моделирования формирования искусственного мыса а) и группы мысов б) при $l = 20h_{cr} = 60$ м, $b = 1.25l = 75$ м, $S = 1.83l = 110$ м

По результатам моделирования были разработаны следующие рекомендации:

1. Волноломы для формирования искусственных мысов на галечных берегах рекомендуется располагать на расстоянии от коренного берега или от волнозащитной стены $l=20h_{cr}$, где h_{cr} – высота расчетной волны 5% обеспеченности по линии последнего обрушения.

2. Искусственные мысы, примыкающие к волноломам (томболо), формируются при длине волноломов $b \geq 1.25l$.

3. Галечные пляжи в бухтах между искусственными мысами являются динамически устойчивыми при расстоянии между мысами $S \leq 1.8l$.

Приведенные соотношения могут использоваться для предварительного назначения параметров систем искусственных мысов на галечных берегах с бухтами между ними. Эти параметры в дальнейшем уточняются методами математического или гидравлического моделирования.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

По результатам исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Разработана и реализована в программном комплексе модель дифракции, рефракции и обрушения волн на акваториях искусственных островных комплексов со сложной конфигурацией оградительных сооружений, которая позволяет моделировать волновое поле на акватории островного комплекса, в том числе в прибойной зоне.

2. Разработана и реализована в программном комплексе математическая модель динамики галечных пляжей со сложной конфигурацией оградительных сооружений, в том числе и на акватории искусственных островных комплексов.

3. По результатам математического моделирования было установлено, что в случае разнонаправленных вдольбереговых потоках наносов примерно одинаковой емкости, для обеспечения равномерной ширины пляжей в

межбунных отсеках с прерывистыми волноломами, волноломы следует располагать не симметрично относительно отсека, а сдвигать их к головам бун.

4. По данным гидравлического моделирования выполнена калибровка математических моделей динамики галечного пляжа под защитой только бун, бун и волноломов в межбунных отсеках и бун с волноломами в их головных частях, а также динамики искусственного галечного пляжа на островном комплексе.

5. По результатам математического моделирования разработаны рекомендации для определения параметров систем искусственных мысов на галечных берегах с бухтами между ними. Эти параметры в дальнейшем уточняются методами математического или гидравлического моделирования.

Публикации работы.

Материалы диссертации, опубликованы в 20 изданиях, среди которых 5 в рекомендованных ВАК РФ:

1. Макаров К.Н., Макаров Н.К. Моделирование оградительных сооружений порта Мзымтинского в Адлерском районе г. Сочи. - Вестник МГСУ, Спецвыпуск № 1 / 2010. - М.: МГСУ, с.43 –49.

2. Макаров К.Н., Макаров Н.К., Лещенко С.В. Масштабное гидротехническое строительство в прибрежной зоне г. Сочи в рамках подготовки к Олимпиаде 2014 г. - Недвижимость. Экономика. Управление, № 2 / 2012, с. 79 – 83.

3. Макаров Н.К. Моделирование динамики галечного пляжа в огражденной акватории искусственного мыса аква-центра в г. Сочи. - Вестник МГСУ, 2013, № 4, с. 160-166.

4. Макаров Н.К. Моделирование островного галечного пляжа. - Вестник СГУ, 2013, № 11, с.200-208.

5. Макаров Н.К. Формирование искусственных мысов и бухтовых галечных пляжей под защитой волноломов. - Известия СГУ, 2013, № 4-2, с. 100-107.

6. Макаров Н.К. Цифровые модели местности при проектировании гидротехнических сооружений. - III Всероссийская студенческая научно-практическая конференция «Студенческие научные исследования в сфере туризма и курортного дела». - Сочи, СГУТ и КД, 10 – 11 апреля 2009 г.

7. Гегечкори В.А., Макаров К.Н., Макаров Н.К., Секурова З.А. Опытный образец информационно-прогнозной автоматизированной системы для побережья г. Сочи от Парк – отеля до устья р. Сочи. — Материалы 6-й международной научно-практической конференции «Строительство в прибрежных курортных регионах».- г. Сочи 17 – 21 мая 2010 г., с. 114 -147.

8. Макаров К.Н., Макаров Н.К., Секурова З.А. Научное обоснование гидротехнической части проекта реконструкции Приморской набережной в г. Сочи. - Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2011, № 2 (145), с.12 – 17.

9. Макаров К.Н., Макаров Н.К. Моделирование галечных пляжей под защитой бун и волноломов для реконструкции Приморской набережной в г. Сочи. – Гидротехника, 2011, № 3 (24), с. 18-23.

10. Макаров Н.К. Математическая модель динамики галечных пляжей искусственных островных комплексов. – Гидротехника, 2012, № 2 (27), с. 84-87.

11. Макаров Н.К. Математическое моделирование гидротехнических сооружений для реконструкции пляжа Дагомысского комплекса в г. Сочи. – «Строительство в прибрежных курортных регионах». Материалы 7-й международной научно-практической конференции. - г. Сочи, 14 – 19 мая 2012 г., с. 125 -127.

12. Макаров Н.К. Моделирование пляжеудерживающих сооружений Дагомысского пляжного комплекса в г. Сочи. - Морские берега – эволюция, экология, экономика. Материалы XXIV Международной береговой конференции. – г. Туапсе, 01 – 06 октября 2012 г., т. 2, с. 201 – 205.

13. Макаров Н.К. Прогноз динамики галечных пляжей на внутренних акваториях искусственных островных комплексов. - Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2012, № 10 (165), с.26– 28.

14. Макаров Н.К. Конфигурация бун и волноломов для защиты галечных пляжей. – Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы современного строительства».- Пенза, 14-19 марта 2013 г.

15. Макаров Н.К. Оптимизация конфигурации бун и волноломов для защиты галечных пляжей от размывов. – XVI Международная межвузовская научно-техническая конференция «Строительство -формирование среды жизнедеятельности». - Москва, МГСУ, апрель, 2013.

16. Катлине Коблев А.Х., Лещенко С.В., Макаров Н.К. Морское гидротехническое строительство в г. Сочи в связи с подготовкой к Олимпиаде 2014 г. - Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития Российско-Абхазских отношений в туристской сфере в современных условиях». - г. Сухум, Республика Абхазия, 24 мая 2013 г.

17. Макаров Н.К. Конфигурация бун и волноломов при разнонаправленных вдольбереговых потоках наносов. - Международная научно-практическая конференция «Методы защиты открытых песчаных берегов внутренних морей и концепция защиты морских берегов Калининградской области». - г. Светлогорск, Россия, 3-6 июня 2013 г.

18. Макаров К.Н., Макаров Н.К. Математическое моделирование динамики галечных пляжей искусственных островных комплексов. –«Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ» - Труды 3-й Международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и в акваториях водных объектов».- Иркутск, 29 июля-3 августа 2013 г. – с. 205-208.

19. Nikolay K. Makarov. Dynamics of the Pebble Beach in the Protected Water Area. - European Researcher. International Multidisciplinary Journal, 2013, № 5-1, pp. 1194-1197.

20. Igor G. Kantargi, Nikolay K. Makarov. Calibration of Mathematical Model of the Island Pebble Beach. - European Journal of Technology and Design, 2013, Vol. (1), № 1, pp. 48-53.