

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Данченкова Александра Романовича
«ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОРСКОГО БЕРЕГА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРФОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА
В УСЛОВИЯХ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ
(НА ПРИМЕРЕ КУРШСКОЙ КОСЫ)»,

представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук
по специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Рецензируемая работа представляет собой оригинальное, самостоятельное и законченное исследование геоэкологической ситуации на морском берегу Куршской косы – крупнейшей аккумулятивной формы юго-восточной части Балтийского моря, в российской части которой сформирована особо охраняемая природная территория федерального значения.

Целью работы является комплексная геоэкологическая оценка морского берега Куршской косы с использованием морфодинамического подхода для организации рационального управления дюнным валом.

Дюнный вал представляет собой уникальное природно-антропогенное сооружение, построенное в XIX в. как часть комплекса мероприятий по стабилизации песков Куршской косы. Сооружение дюнного вала позволило создать барьер для эоловых песков, снизив интенсивность их миграции, а проведенное лесовосстановление – восстановить лесные угодья. Вследствие стабилизации геоморфологических условий и развития поселений произошел заметный рост экономической активности.

Существование дюнного вала на морском берегу создает условия для защиты от опасных природных явлений, снижая уровень риска воздействия на внутренние территории, в том числе – на национальный парк. Дюнный вал Куршской косы наблюдается и изучается с момента его строительства и по настоящее время, однако рациональная стратегия управления, направленная на поддержание его устойчивого состояния и минимизацию негативного воздействия антропогенных факторов, все еще не разработана.

Материал для дюнного вала поступает с морского пляжа благодаря эоловому переносу песков. Темпы штормовой абразии в отдельные годы существенно снижают запасы песков на валу, приводя к его постепенной деградации.

Антропогенное воздействие на дюнный вал вызвано активным рекреационным использованием национального парка и проводимыми береговосстановительными мероприятиями.

Возможность оценки и прогноза развития дюнного вала на морском берегу важна для устойчивого развития внутренних приморских территорий, особенно в контексте климатических изменений (увеличения числа штормов) и антропогенной нагрузки.

Актуальность диссертации обусловлена необходимостью понимания пространственно-временных закономерностей развития прибрежных дюн с целью формирования научной базы для организации морфодинамически обоснованных комплексных мероприятий по управлению и восстановлению дюнного вала.

Управление песчаными берегами Отдел береговых зон и малых островов ЮНЕСКО считает одной из важнейших задач программ комплексного управления прибрежными зонами (КУПЗ).

Ценность дюнного вала для Куршской косы обусловлена его защитной ролью от штормовых воздействий и эолового ветропесчаного потока для внутренних особо охраняемых территорий и поселений. Однако, на сегодняшний день дюнный вал подвергается постоянным рискам локальных разрушений, сопровождающихся угрозами внутренним областям особо охраняемой природной территории. Разработка научных основ стратегии снижения такого рода рисков – **актуальная задача**, решение которой нельзя откладывать на неопределенное будущее.

Разработка подхода к геоэкологической оценке состояния аккумулятивных морских берегов с наличием дюнного вала является важным этапом на пути к рациональному природопользованию на этих территориях и защите внутренних территорий от неблагоприятных процессов. На основе анализа стимулирующих и лимитирующих факторов развития дюнного вала, действующих природных и антропогенных процессов автором предложен научно обоснованный подход к геоэкологической оценке аккумулятивного морского берега при наличии дюнного вала. Решение данной задачи представляется **особо актуальной** в условиях потепления климата и подъема уровня Мирового океана.

Задачи работы:

- 1) проанализировать современные подходы к изучению прибрежных дюн и охарактеризовать факторы их развития;
- 2) определить наиболее значимые лимитирующие факторы развития дюнного вала Куршской косы на основе комплексного анализа и интерпретации геоморфологических и гидрометеорологических данных;
- 3) построить модель развития и предложить подход к геоэкологической оценке состояния дюнного вала;
- 4) выполнить зонирование дюнного вала по потенциалу возникновения эколого-геоморфологических опасностей;
- 5) разработать рекомендации по управлению дюнным валом.

Фактический материал и методы исследования.

Получение целостной картины развития песчаных дюн ограничено существующими методами их полевого исследования. Традиционно процессы изучались в рамках краткосрочных исследований, а длительные наблюдения проводились по отдельным профилям, что не позволяло выполнить сравнение и

обобщение таких результатов. Развитие автором диссертации технологий получения пространственных данных позволило производить исследование аккумулятивных морских берегов с высоким пространственным разрешением и выявлять особенности их развития под воздействием природных и антропогенных факторов, расширяя научное понимание протекающих процессов [Danchenkov et al., 2019].

Применение новых технологий и полученные с их помощью данные позволяют описать взаимосвязи в системе аккумулятивного берега и разработать эффективные стратегии управления дюнным валом Куршской косы, имеющим важное экологическое и социально-экономическое значение.

В основу диссертации положены материалы мониторинговых наблюдений за развитием дюнного вала, полученные при непосредственном участии автора в период обучения в БФУ им. И. Канта, а также во время работы в лаборатории геоэкологии Атлантического отделения ИО РАН в 2012–2018 гг.

В рамках диссертационного исследования был получен и проанализирован следующий фактический материал:

- временной ряд из 80 цифровых моделей рельефа, полученных по результатам наземного лазерного сканирования дюнного вала на двух полигонах, расположенных на Куршской косе, за период 2012-2018 гг., и котловины выдувания на Вислинской косе в 2011-2016 гг.;

- спутниковые снимки Sentinel 2 и Landsat 8 за период 2016-2018 гг.;

- ряд аэрофотоснимков, выполненных с использованием беспилотного летательного аппарата;

- архив метеорологических наблюдений с метеостанций, расположенных на МЛСП Дб и АГМС г. Клайпеда (Литва), за 2014-2018 гг. для составления характеристики метеорологических факторов воздействия на аккумулятивный берег;

- результаты гидродинамического моделирования с использованием численной гидродинамической модели SWAN за 2014-2018 гг.

Для исследования связей между морфологическими элементами вследствие морфодинамического взаимодействия автором выполнены статистические тесты. Исследованы корреляции Пирсона между отдельными морфологическими элементами для обоих полигонов. Использовались как темпы вертикальной агградации берега (приведенные к времени периода), так и собственные значения динамики ΔV для периодов.

Оценка проблемных в эколого-геоморфологическом смысле участков пляжа и дюнного вала была выполнена с использованием концепции «горячих точек», широко используемой для исследования геоэкологических проблем.

Научная новизна диссертации заключается в выполненном комплексном анализе условий развития дюнного вала, который позволяет впервые определить наиболее существенные лимитирующие факторы его развития [Danchenkov and

Belov, 2019; Данченков, 2020]. На основе мониторинговых наблюдений наземного лазерного сканирования впервые произведена оценка мощности эолового ветропесчаного потока в сезонном масштабе с использованием анализа цифровых моделей рельефа [Danchenkov et al., 2019]. Методика геоэкологической оценки аккумулятивного морского берега дополнена моделью развития и сформированным подходом к оценке дюнного вала. Предложены конкретные рекомендации для рационального управления дюнным валом с учетом его морфодинамических особенностей.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования ее результатов в практике берегозащитной деятельности и комплексного управления прибрежными территориями. Предложенные рекомендации по управлению дюнным валом могут быть применены при планировании мероприятий по защите территорий от неблагоприятных процессов. Результаты работы к настоящему времени уже использованы при разработке проектной документации по строительству и реконструкции берегоукрепления авандюны национального парка «Куршская коса».

Обсуждая полученные результаты, автор дает сравнительный анализ пяти основных вариантов различных стратегий управления дюнным валом, используемых в мировой практике в качестве защиты от неблагоприятных эколого-геоморфологических процессов: «стратегия бездействия», «стратегия статической консервации», «стратегия динамической консервации», «стратегия управляемого разрушения» и «проградационная стратегия». Выполненная автором работа позволяет предложить выбор проградационной стратегии и стратегии динамической консервации – как наиболее рациональных в условиях особо охраняемой природной территории.

Личный вклад автора. Изложенные в диссертации и автореферате результаты и выводы получены автором самостоятельно. Материал собран и проанализирован лично автором в ходе многочисленных полевых экспедиций в 2012 - 2018 гг. с использованием наземного лазерного сканирования, беспилотных летательных аппаратов и спутниковых геодезических средств. Автором осуществлены обработка и интерпретация полевых материалов, построение и анализ моделей рельефа, лабораторный анализ, гидродинамическое, морфодинамическое и гидрологическое моделирование, анализ гидрометеорологических данных. Разработка и апробация нового методического подхода, осуществление собственно геоэкологической оценки состояния дюнного вала и выработка рекомендаций по оптимизации берегопользования также выполнены лично автором.

В структурном отношении диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 165 страниц текста, включая 14 таблиц, 76 рисунков и 8 приложений. Список литературы содержит 337 наименований, из которых 245 – на иностранных языках.

Во введении охарактеризована актуальность работы, определены ее цель и задачи, дана оценка научной новизны, теоретической и практической значимости.

В главе 1 приводится литературный обзор по геоэкологии морских берегов, процессам развития песчаных пляжей и прибрежных дюн. Дается экологическая и геоморфологическая характеристики изучаемого района. Обзор литературы выполнен достаточно полно, с достаточной глубиной освещения изучаемых вопросов.

В главе 2 описываются использованные в работе материалы и методы исследования. В целом автором успешно применен комплекс методик получения, обработки и анализа материала, обеспечивших всестороннее рассмотрение объекта исследований.

В главе 3 представлено исследование системы «пляж – дюнный вал» на основе анализа естественных и антропогенных факторов. Определены основные факторы природно-антропогенного развития дюнного вала Куршской косы и морфодинамические связи в системе.

В главе 4 приведена оригинальная модель развития дюнного вала. Предложен новый подход к геоэкологической оценке вероятности возникновения неблагоприятных эколого-геоморфологических процессов на морском берегу. На основе выполненной геоэкологической оценки предложена схема организации рационального управления дюнным валом Куршской косы.

В Заключении сформулированы выводы диссертации и краткие рекомендации для оптимизации берегопользования в районе расположения дюнного вала.

Защищаемые положения.

1. Список лимитирующих факторов естественного развития дюнного вала Куршской косы, включающий в себя атмосферные осадки и антропогенные факторы (рекреационное воздействие и берегоукрепление).

Обзор работ по исследованию процессов развития прибрежных дюн позволил установить общий ряд факторов, стимулирующих и лимитирующих эоловый перенос и аккумуляцию. Для определения естественных лимитирующих факторов развития дюнного вала Куршской косы выполнен анализ гидрометеорологических и гидродинамических условий с учетом местных природных особенностей и режима [Danchenkov et. al., 2019], что позволило дифференцировать и установить основные лимитирующие факторы естественного развития дюнного вала Куршской косы.

2. Полуэмпирическая модель развития дюнного вала как основа разработки и реализации стратегии рационального управления, направленной на поддержание устойчивого состояния и минимизацию негативного воздействия антропогенных факторов.

На основе массива данных наблюдений за состоянием дюнного вала Куршской косы, результатов численного моделирования ветрового волнения и

динамики пляжей и опубликованных функциональных зависимостей автором построена упрощенная модель развития дюнного вала. В модель включены условия аккумуляции, дефляции, а также штормовой абразии. В модели использован ряд параметров, позволяющих учитывать природные факторы (силу и направление ветра, гранулометрический состав, влажность, доступную ширину пляжа, характеристики волнения), а также коэффициенты шероховатости, характеризующие степень влияния на ветровые потоки природных и антропогенных факторов.

3. Геоэкологическая оценка аккумулятивного морского берега на основе морфодинамического подхода и зонирование дюнного вала по показателю «потенциала возникновения неблагоприятных эколого-геоморфологических процессов» с разработкой рекомендаций рационального управления дюнным валом с учетом локальных морфодинамических особенностей.

Выполнен диагностический анализ природно-антропогенной системы «пляж-дюнный вал» для оценки ее состояния, воздействия стимулирующих и лимитирующих факторов. При этом решена задача выделения зон потенциальной эколого-геоморфологической опасности. Анализ мониторинговых наблюдений направлен на установление режима системообразующих факторов и последующей оценки связей с имеющимися функциональными зависимостями для построения модели и геоэкологической оценки, а также подготовки массива данных для ее калибровки и верификации.

Полученные результаты удачно визуализированы на ряде схем, выполненных на высоком методическом уровне.

Предложенный диагностический подход к геоэкологической оценке проблемных зон на дюнном валу на первых этапах выполнения оценки позволяет определять участки с потенциалом возникновения неблагоприятных эколого-геоморфологических процессов, а на заключительных – планировать стратегии рационального управления, направленного на поддержание устойчивого состояния с учетом локальных морфодинамических особенностей.

С использованием данных о ширине пляжа, полученных со спутниковых изображений, совместно с результатами моделирования гидродинамических условий на примере Куршской косы выполнен анализ динамики ширины пляжа между спутниковыми измерениями, поскольку регулярное получение спутниковых данных на практике затруднено наличием облачности и периодом обращения спутников. На основе полученных временных рядов ширины незатопленной части пляжа для берега Куршской косы был выполнен анализ проблемных участков с использованием принципа «горячих точек». В результате выделены участки с существенным превышением повторяемости критической ширины незатопленной части пляжа, поскольку абразия дюнного вала наблюдается при локальных превышениях суммарным уровнем моря (высота нагона и волнового наката) подошвы вала. С использованием предложенной

модели подтверждена интенсивность деградации дюнного вала на 13,5-м километре Куршской косы, а также выявлен новый участок на 15-м километре косы, где возможен размыв тела дюнного вала и связанные с проникновением морских вод вглубь косы неблагоприятные процессы.

Для оценки потенциальной опасности для экосистем и инфраструктуры национального парка от вероятного прорыва тела дюнного вала был выполнен гидрологический анализ зон подтопления по методике *hec-ras* [Gallien et al., 2018] в условиях штормов различной повторяемости, а также при прогнозируем росте регионального уровня моря. Выполненный гидрологический анализ показал наличие потенциальной опасности для внутренних территорий при нарушении целостности вала.

Результаты геоэкологической оценки позволили предложить схему организации рационального управления, направленную на поддержание устойчивого состояния дюнного вала с использованием морфодинамического подхода. На основе проведенной с использованием модели оценки факторов выбраны проградационная стратегия и стратегия динамической консервации как наиболее рациональные в условиях особо охраняемой природной территории с учетом морфодинамических условий и антропогенного воздействия.

Проградационная стратегия может быть использована на участках, где ежегодная повторяемость критического затопления пляжа не превышает 1–1,1% и в системе есть потенциал восстановления, а особенностью управленческой стратегии является использование естественных морфолитодинамических процессов. При проградационной стратегии рекомендовано использовать полупроницаемые пескоулавливающие конструкции для наращивания в основании вала новой авандюны, а на открытых участках - выполнять противодефляционную защиту. Защитная мера стратегии – организация условий, затрудняющих перемещение отдыхающих вне оборудованных переходов (ограждения вдоль гребня, а также обсадка колючими кустарниками) с подробным информированием посетителей об ограничениях, связанных с проведением восстановительных работ.

Стратегия динамической консервации рекомендована для ряда сегментов с повторяемостью критического затопления пляжа более 1–1,1% (2,4 км берега), где необходимо применять ряд восстановительных и поддерживающих мероприятий при утере дюнным валом допустимого уровня защиты внутренних территорий. Рекомендуется установка многорядных ячеистых пескоулавливающих конструкций в основании вала (а также вдоль бровки) для генерации эоловых форм, которые станут первичной линией волновой абразии, укрытие абразированных наветренных склонов (геосетками или тростниковыми матами) с обсадкой травами по достижении склоном угла естественного откоса. На период реализации динамической консервации следует полностью исключить рекреационное воздействие.

Проведенное исследование показало возможность сочетания гидродинамического и гидрологического моделирования, спутниковых наблюдений, моделирования развития дюнного вала в единую геоэкологическую оценочную схему, которая позволяет анализировать и предупреждать опасности для аккумулятивного морского берега. Полученные результаты могут улучшить существующую систему или стать основой планируемой системы управления прибрежной зоной, в особенности в условиях особо охраняемой природной территории.

В ходе диссертационного исследования были получены **выводы**, которые в сокращенном виде могут быть изложены следующим образом.

1. Определены наиболее значимые сезонные факторы развития дюнного вала Куршской косы. Развитие дюнного вала происходит при комплексном сочетании метеорологических, геоморфологических и гидродинамических факторов. В условиях аккумулятивного берега юго-восточной части Балтийского моря основными стимулирующими факторами являются эффективные ветра в совокупности с шириной незатопленной части пляжа.

2. Установлено, что наиболее существенным лимитирующим фактором развития дюнного вала являются атмосферные осадки, сокращающие число благоприятных к эоловому переносу дней на 22–80% ввиду намокания песка. Совокупность морфологических и гидродинамических факторов, обобщенных в лимитирующем факторе ширины незатопленной части пляжа, влияет как на развитие ветропесчаного потока, так и на потенциал абразии дюнного вала. Анализ антропогенного воздействия показал его влияние на аэродинамический коэффициент шероховатости прибрежного рельефа.

3. Построена полуэмпирическая модель развития дюнного вала, которая выступает основой геоэкологической оценки, а также разработки и осуществления стратегии рационального управления динамикой вала, направленной на поддержание его устойчивого состояния и минимизацию негативного воздействия антропогенных факторов.

4. Разработан частный подход к геоэкологической оценке морского берега при наличии дюнного вала, позволяющий определять участки с потенциалом возникновения неблагоприятных эколого-геоморфологических процессов (используя концепцию «горячих точек» и процедуры нормирования), а также планировать стратегии рационального управления, направленные на поддержание устойчивого состояния дюнного вала с учетом локальных морфодинамических особенностей. Показана возможность сочетания гидродинамического и гидрологического моделирования, спутниковых наблюдений, модели развития дюнного вала и сведений об антропогенной нагрузке в единую оценочную систему, которая позволяет анализировать и предупреждать опасности для аккумулятивного морского берега.

5. На основе предложенного подхода выполнена геоэкологическая оценка и зонирование дюнного вала участка Куршской косы по потенциалу возникновения эколого-геоморфологических опасностей.

6. Статус особо охраняемой природной территории Куршской косы и пространственная дифференциация зон потенциальных эколого-геоморфологических опасностей обуславливают специфику применения мер защиты и восстановления дюнного вала. Предложена схема рекомендуемых стратегий локального управления пляжем и дюнным валом, включающая реализацию стратегии динамической консервации и проградационной стратегии в зависимости от характера проявления морфодинамических процессов и антропогенного воздействия. Предлагается комплексно использовать потенциал естественных морфодинамических процессов с применением рациональных и обоснованных берегозащитных мероприятий, учитывающих локальные особенности состояния и развития пляжей и дюнного вала.

Выводы диссертации сформулированы внятно и убедительно, подтверждены основным содержанием работы и привязаны к защищаемым положениям.

Работа написана прекрасным русским языком; ее текст не содержит грамматических и смысловых ошибок.

Прекрасные и разнообразные иллюстрации (рисунки, графики, схемы, фотоизображения) эффектно визуализируют излагаемый материал и фактически представляют собой самостоятельные методические разработки.

Работа прошла хорошую апробацию на международных научных и научно-практических конференциях и научных школах. Результаты работы использовались при разработке документации строительства и реконструкции берегоукрепления авандюны для национального парка «Куршская коса».

По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 3 – в изданиях, включенных в WOS / Scopus, 2 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

Текст автореферата адекватно отражает содержание рукописи диссертации.

Работа лишена каких-либо серьезных недостатков. В качестве дискуссии можно отметить следующее.

1. Неудачно используемое автором понятие «потенциал возникновения неблагоприятных эколого-геоморфологических процессов на морском берегу». Под «потенциалом» в управлении, в том числе – в комплексном управлении прибрежными зонами, обычно понимается запас положительных возможностей по улучшению ситуации, а не набор угроз и рисков. В данном случае автору лучше было бы использовать понятие риска.

2. Автор ни в литературном обзоре, ни при обсуждении результатов не упоминает публикации научной школы академика РАН М.П. Федорова (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого), занимающейся вопросами управления морскими прибрежными природно-техническими

системами. Таким образом, широко используемый в научной литературе термин «природно-техническая система» в диссертации вообще остается без обсуждения.

3. Предлагая стратегию управления системой «пляж – донный вал», автор не дает нам картину «видения» - идеальной ситуации в системе, на достижение которой и направлены программы стратегического менеджмента.

4. Не объясняется этимология слова «проградационный», смысл которого остается непонятным.

В целом работа оставляет чрезвычайно благоприятное впечатление. Она отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и может быть успешно защищена по специальности 25.00.36 – «Геоэкология» (науки о Земле). По критериям актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности выводов работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Правительством РФ 24.09.2013 №842. Автор диссертации – Александр Романович Данченков – безусловно заслуживает искомой степени кандидата географических наук.

Профессор кафедры геоэкологии, природопользования и экологической безопасности Российского государственного гидрометеорологического университета,

доктор географических наук (специальность 25.00.36 – «Геоэкология»)

Шилин Михаил Борисович

Я, Шилин Михаил Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Рабочий адрес: 192007, г. Санкт-Петербург, Воронежская ул., 79.

Тел. раб. (812) 227 12 58

Тел. моб. +7 921 902 45 65

Адрес электронной почты: shilin@rshu.ru

1 декабря 2020 г.

