

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сафитри Дика Аю «Геоэкологическая оценка современного состояния побережья Сурабаи (Индонезия)», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология

Заключение об актуальности диссертационного исследования.

Представленная диссертационная работа Сафитри Дика Аю посвящена исследованию геоэкологического состояния побережья Сурабаи, второго по значению после Джакарты индустриального и делового центра Индонезии. Наряду с загрязнением воздуха и воды, основными экологическими проблемами территории являются сокращение мангровых лесов, эрозия почв и размыв берегов. В связи с изложенным, диссертационная работа Сафитри Дика Аю представляется актуальной.

Заключение о научной новизне исследования.

Научная новизна проведенных исследований заключается в том, что автор впервые:

- определила зоны наиболее интенсивных размывов и аккумуляции наносов на исследуемом побережье;
- оценила скорости процессов динамики берега;
- выполнила анализ изменений классов участков территории по экологическим показателям;
- определила границы ареала мангровых зарослей на побережье Сурабаи и оценила запасы в них биомассы и углерода;
- выполнила интегральную геоэкологическую оценку прибрежной зоны Сурабаи по степени проявления природно-техногенных процессов.

Теоретическая и практическая значимости результатов работы.

Теоретическая значимость результатов исследований заключается в разработке методики оценки и прогноза различных экологических показателей территории по спутниковым снимкам.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов при территориальном планировании, управлении землепользованием и развитием инфраструктуры с учетом геоэкологических факторов.

Методика геоэкологического исследования, разработанная автором может использоваться в учебном процессе.

Достоверность результатов работы.

Достоверность проведённых исследований подтверждается использованием значительного объема спутниковой информации, применением для ее обработки апробированных программных комплексов и сопоставлением результатов с данными исследований других авторов.

Апробация результатов.

По теме научного исследования опубликовано 18 печатных работ, из них 7 – в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и Scopus.

Основные положения и результаты исследований докладывались на следующих научных конференциях и форумах.

Основные защищаемые положения:

1. На изменение природных ландшафтов и динамику береговой линии побережья Сурабаи в равной мере влияют как природные, так и антропогенные факторы.

2. Специальная государственная программа по пересадке мангровых лесов дала положительные результаты. Площадь мангровых лесов, содержание в них биомассы и углерода существенно увеличились.

3. В результате интегральной оценки геоэкологического состояния природной среды на побережье Сурабаи установлено, что на долю с высокой степенью проявления природно-антропогенных процессов приходится 35% площади прибрежной зоны, средней – 25%, низкой – 40%.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 163 страницы. Текст сопровождается 48 рисунками и 53 таблицами. Список использованной литературы включает 106 наименований.

Основное содержание работы

Во *введении* автор определяет объект и предмет исследования, цели и задачи работы, обосновывает соответствие диссертации паспорту научной специальности. Сформулирована научная новизна и практическая значимость работы. Сформулированы положения, выносимые автором на защиту. Обоснованы степень достоверности и приведены данные об апробации результатов.

В *главе 1* автором приводятся физико-географические характеристики территории г. Сурабаи, в том числе климата, рельефа, геологического строения, гидрологические характеристики водотоков, включая наводнения. Отмечено, что в зонах затопления и подтопления морской водой расположено более 20 подрайонов.

Отмечено, что на территории Сурабаи развиваются международные контейнерные и грузовые терминалы и их вспомогательные объекты как стратегические экономические зоны, происходит оптимизация портов (региональный, национальный и международный масштаб). Развивается порт как один из объектов обеспечения туризма и развития экономики.

Район мангровых лесов, помимо того, что является туристическим центром, также является исследовательской базой и предотвращает эрозию побережья.

В *главе 2* дана экономико-географическая характеристики г. Сурабаи. Основываясь на данных «Surabayadalam Angka 2019», автор оценивает население города в 2018 году 2,89 миллиона человек. Самый высокий процент населения приходится на возрастную группу 20-24 года (10,08%). Доля населения в этой возрастной группе выше, чем в предыдущем году (10,05 %).

Общая площадь города Сурабаи в 2010 году составляла 326,81 км², в 2015 году она составила 326,46 км² (уменьшилась на 0,35 км²).

Основываясь на данных Госдепартамента по торговле и промышленности города Сурабаи, автор отмечает, что существуют 2 области основной деятельности населения, а именно сектор торговли (внутренняя торговля и внешняя торговля) и промышленный сектор (химическая промышленность, агропромышленный сектор и лесная продукция; металл, машиностроение, электроника и различные другие отрасли промышленности).

Схема основной дорожной сети в Сурабае в основном линейная, соединяющая северные и южные районы (Танджунг Перак-Вару). Система дорожной сети города Сурабаи состоит из системы первичной и вторичной. Система первичной дорожной сети – это сетевая система, которая соединяет основные центры деятельности, такие как морские порты и аэропорты. Система второстепенной дорожной сети соединяет центры деятельности в

пределах города. Иерархия двух систем дорожной сети одинакова и состоит из артериальных дорог, коллекторных дорог и локальных дорог.

Сурабая – это город, в котором есть множество туристических достопримечательностей для местных и иностранных туристов. Несмотря на то, что в Сурабае нет удивительного природного ландшафта, здесь развивается иная модель природного туризма благодаря усилиям по реализации зеленых открытых пространств, омоложения парков и развития туристических деревень.

В *главе 3* описаны методы исследований, использованные в диссертационной работе, приводится таблица данных спутниковых наблюдений. Программное и аппаратное обеспечение исследований приведено в разделе 3.2.

В разделе 3.3 рассмотрены этапы выполнения исследований. Описывается процесс оцифровки спутниковых изображений, их коррекции, повышения резкости. Далее рассматривается методика наложения снимков разных лет с целью определения степени изменения береговой линии за прошедший период и прогноза этих изменений в будущем.

Данные о скорости изменения береговой линии используются для классификации береговой линии с нормальными (медленно меняющимися), средними и высокими (очень опасными) значениями динамики.

Прогноз выполняется следующим образом. Данные о положении береговой линии за 3 года (1994, 2003 и 2018), полученные из DSAS, анализировались с помощью простой регрессии, а затем в Excel вычислялось прогнозируемое значение береговой линии, подвергающейся эрозии и аккумуляции в течение следующих 11 лет.

Мониторинг земного покрова проводился с использованием спутниковых снимков Landsat (1994, 2003 и 2018 гг.) и контролируемого метода классификации. Ход исследований по обработке изменений земного покрова представлен на рисунке 3.3.

Процесс классификации изображений проводился для разделения земного покрова на несколько классов: городские районы, мангровые заросли, голые земли, пруды, растительность и водоемы. В качестве контролируемого метода классификации использовался метод максимального правдоподобия.

Далее автором выполнена оценка обработки влияния изменений береговой линии и растительного покрова на социально-экономические аспекты.

В заключение главы автор резюмирует выполненные исследования:

1) Использовался метод дистанционного зондирования для обнаружения изменения береговой линии. Данные были получены со спутников Landsat за многолетний период. Использовалось программное обеспечение Цифровой системы анализа береговой линии (DSAS) и статистический расчет скорости конечных точек (EPR). Классификации рода мангровых зарослей и оценки общей биомассы с использованием машинного обучения SmileRandomForest в программном обеспечении Google Earth Engine (GEE).

2) Методом исследования являлся пространственно-временной анализ положения береговой линии в течение 24 лет путем совмещения космоснимков и проведения подспутниковых наблюдений.

3) Методы исследования представлены в несколько этапов: стадия обработки геоморфологических изменений береговой линии; этап обработки скорости и прогноз изменения береговой линии; этап анализа изменений земельного покрова; стадия обработки влияния изменений береговой линии и растительного покрова на социально-экономические последствия; этап классификации родов мангровых зарослей и оценка общей биомассы и запасов углерода.

В *главе 4* изучается интенсивность динамики береговой линии и земельного покрова. Автор отмечает, что прибрежные зоны Индонезии подвергаются значительной эрозии, что приводит к потере земель и разрушению морских экосистем. Для решения этой проблемы были предложены и внедрены различные стратегии. Одним из подходов является строительство волноломов.

Данные дистанционного зондирования использовались автором для мониторинга изменений береговой линии в провинции Восточная Ява. Выявлено, что прибрежная аккумуляция более значительна, чем размыв в этом регионе. Однако в других районах, таких как Субанг, наблюдается значительная прибрежная эрозия, что приводит к потере земель, используемых для рыбных прудов. Для решения этих проблем важно разработать региональные стратегии защиты, учитывающие специфические потребности каждого района.

Установлено, что среднее поднятие уровня Яванского моря с 2011 по 2016 год составило +6,80 мм/год, с наивысшим увеличением в водах Джакарты и наименьшим в водах Сурабаи. Исследование также выявило, что район Демак испытывает опускание территории со скоростью 2,078 до -8,376 см/год, что приводит к значительной абразии береговой линии.

Автором были определены площади размыва на побережье Сурабаи для 11 подрайонов, сильнее всего пострадавших от процесса эрозии. Согласно оцифрованным данным Landsat, за 1994-2018 гг. площадь размыва составила 229 645,5 м². Среди всех подрайонов Вонореджо характеризуется наибольшими скоростями абразии, а подрайон Булак Бантенг является наименее пострадавшим от размыва.

Процесс аккумуляции зафиксирован в зонах распространения мангровой растительности, которая встречается в нескольких прибрежных районах Сурабаи. Географический контур побережья Восточной Сурабаи обеспечивает слабый волновой режим, подводный склон представляет собой мелководье. Большая часть наносов накапливается здесь в течение нескольких лет, это один из факторов формирования аккумулятивного берега.

Деятельность человека является основным фактором в процессе изменения береговой линии Сурабаи. При проведении полевой проверки было установлено, что процесс изменения береговой линии, который произошел в Кепутихе, был вызван уничтожением мангровой растительности и созданием новой зоны поселений в этом районе. Мангровые заросли вдоль побережья Сурабаи играют важную роль в сдерживании волн и течений, и благодаря этому влияние абразии сводится к минимуму.

Прогноз размыва берегов в Западной Сурабае выполнен автором для двух районов: Беново (подрайон Тамбака Осовилангун) и район Асемрово (подрайон Грегеса и Калианака). Самое высокое прогнозируемое значение отступление берега составило -34,281 м в районе Беново (подрайон Тамбака Осовилангуна).

Прогноз аккумуляции в Северной Сурабае составлялся для трёх районов: Крембанган (подрайон Моро Крембангана), район Семампир (подрайон Уджунга), и район Кенджерана (подрайон Булака Бантенга, Тамбака Веди, Кедунга Совек, Кенджерана и Суколило). Самое высокое прогнозируемое значение аккумуляции составило 414,78 м в районе Кенджерана (Подрайон Суколило).

В *главе 5* дана геоэкологическая оценка прибрежной зоны Сурабая по степени проявления природно-техногенных процессов. Она проводилась с использованием балльных оценок и классификаций по таким показателям, как оценка антропогенного давления, оценка антропогенной нагрузки на естественные ландшафты, оценка интенсивности проявления опасных береговых процессов.

Антропогенное давление представляет собой интегральную величину энергии, используемой на единицу площади территории. Для оценки антропогенного давления на исследуемой территории вводится коэффициент антропогенного давления, зависящий от плотности населения.

На основе обработки данных показатель степени антропогенного давления на побережье Сурабая разделен на 3 класса (ранга): низкая, средняя, высокая. Автором предложена карта прибрежной зоны Сурабая по степени антропогенного давления.

Согласно классификации почвенно-растительного покрова в прибрежной зоне Сурабая автор выделила шесть типов территорий, включая голую землю (пустыри), мангровые заросли, пруды, городские территории, растительность и водоемы.

Анализ почвенно-растительного покрова в прибрежной Сурабае по снимкам Landsat показал, что в 15 подрайонах преобладают городские территории. На основе данных спутниковых снимков Landsat 8 и снимков Sentinel в 2018 году выделены следующие классы. Первый класс – это класс городских территорий в 15 подрайонах (75%). Вторым по величине доминирующим классом является класс прудов в 4 подрайонах (20%), а третьим по величине доминирующим классом является класс мангровых лесов в одном подрайоне (5%). Это свидетельствует о том, что прибрежная территория Сурабаи находится в категории с высокой антропогенной нагрузкой, поскольку на большей части территории преобладают городские районы, где естественные мангровые леса или другая растительность почти полностью сведена. В результате этого в районах морской активности наблюдается размыв берегов.

По результатам ранжирования большая часть прибрежных районов (75%) отнесена автором к территории с высокой антропогенной нагрузкой. Средняя антропогенная нагрузка (20% прибрежных территорий) характерна для подрайонов Кепутих, Вонореджо, Медокан Аю, ГунунгАньярТамбак, где

развита сельскохозяйственная деятельность (рыбоводные пруды, рисовые поля). Низкая антропогенная нагрузка выявлена в подрайоне Суколилос с мангровыми лесами, занимающими 49% его площади.

Далее в главе автором предлагаются мероприятия для снижения антропогенной нагрузки и восстановления экологических функций прибрежных территорий: восстановление экосистем, таких как мангровые леса; проведение реновации для районов с плотной застройкой и расселение населения для снижения антропогенного давления; укрепление инфраструктуры для борьбы с размывом берегов; разработка правительством политики на ближайшие 100 лет с привлечением заинтересованных сторон для снижения проявления негативных техно-природных процессов в особенности для районов с высокой плотностью населения; корректировка землепользования для снижения рисков размыва берегов и изменение землепользования в сторону уменьшения доли антропогенных ландшафтов; рекультивация в прибрежной зоне при избыточной аккумуляции – изъятия осадочного материала, и его использования для укрепления прибрежных районов, подверженных размыву; создание новых мест обитания, таких как искусственные острова, если это необходимо.

В *Заключении* представлены основные выводы диссертационной работы. К выводам диссертационной работы замечаний не выявлено.

Основные результаты диссертационной работы и положительные стороны.

В числе наиболее существенных выводов и результатов диссертационного исследования, можно отметить следующие существенные достижения:

- предложена методика оценки экологических характеристик прибрежных зон по спутниковым снимкам;
- выполнены оценки антропогенной нагрузки на различные районы побережья Сурабаи;
- предложена методика прогноза динамики береговой линии по спутниковым данным;
- выполнены оценки состояния мангровых лесов, включая содержание биомассы и углеводорода;

- разработаны предложения по эффективному управлению прибрежной зоной.

По представленной диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Достоверность результатов показана не вполне убедительно. Надо было дать сравнение с данными натурных обследований. В разделе 3.3.1 сказано, что проводились полевые съемки («подспутниковые наблюдения»). Но никакой информации о их результатах и использовании в калибровке программ или результатов не представлено.

2. В п. 1 защищаемых положений необходимо было сказать, какие факторы основные и можно ли их регулировать.

3. Не ясно в чем заключается «машинное обучение».

4. Физический смысл уравнения (3.1) – не ясен.

5. В разделе 3.3.4 автором выполнена оценка влияния изменений береговой линии и растительного покрова на социально-экономические аспекты. Но никаких выводов и рекомендаций не сделано.

6. Разрешение спутниковых снимков составляло 10–30 м. Есть ли смысл выполнять расчеты скорости размыва (аккумуляции) с точностью до сантиметров?

7. Надо было указать причины динамики береговой линии (размыв или аккумуляция) на различных участках побережья. В работе это не всегда объясняется.

8. Следует расшифровать, что такое NDVI.

Выводы. Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают положительной оценки рассматриваемой диссертационной работы, которая представляет собой законченное самостоятельное научное исследование.

Анализ научной новизны, полученных результатов и представленных в работе выводов показывает, что, они соответствуют областям исследований, приведенным в паспорте специальности 1.6.21. Геоэкология.

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены печатных работах и докладах на конференциях, опубликованных автором.

Диссертация Сафитри Дика Аю «Геоэкологическая оценка современного состояния побережья Сурабаи (Индонезия)» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ», предъявляемым к

диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Сафитри Дика Аю, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология (географические науки).

Официальный оппонент:

Макаров Константин Николаевич,
доктор технических наук (05.23.16 –
Гидравлика и инженерная гидрология),
профессор, профессор кафедры
«Строительства и сервиса»,
Сочинского государственного
университета

 К.Н. Макаров

Полное название организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сочинский государственный университет», кафедра «Строительства и сервиса»

Почтовый адрес: 354000, г. Сочи, ул. Пластунская, д. 94


Сайт: Sutr.ru

E-mail: ktk99@mail.ru

Тел.: 8-988-235-82-62

Я, Макаров Константин Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«13» мая 2025 г.  К.Н. Макаров


Подпись К. Н. Макарова
Заверено
И.О. Макарьева, ИК
Кашакова А.С. ИМ