

Б-кк

Санкт-Петербургский Государственный Университет

На правах рукописи

Вахид Мохамед Муфаддал

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННО- И ПРИРОДНО- ОБУСЛОВЛЕННЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ КРАСНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ
СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В РАЙОНЕ МЕЖДУ
РАС ГЕМША И САФАГА, ЕГИПЕТ**

Специальность:

25:00:36 - Геоэкология

25:00:28 - Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт Петербург
2002

Работа выполнена в Санкт-Петербургском Государственном Университете, Международном Центре по Окружающей Среде и Дистанционному Зондированию им. Нансена

Научный руководитель: кандидат географических наук, доцент И.О. Шилов

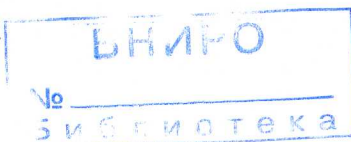
Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор Г.Д. Курошев
кандидат физико-математических наук, доцент В.И. Сычев

Ведущая организация: Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН

Защита диссертации состоится «10» января 2002 г. в 15⁰⁰ часов в ауд. 74 на заседании диссертационного совета Д.212.232.21 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук в Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 199178, Санкт-Петербург, 10 линия В.О., д. 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного университета

Автореферат разослан «19» декабря 2001 г.



Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат географических наук *Г. И. Мосолова* Г. И. Мосолова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Береговая зона Красного моря в районе Египта, представляет одну из наиболее привлекательных областей на всем Ближнем Востоке. Она характеризуется наличием уникальных биологических (коралловые рифы, мангровые заросли, макроводоросли, морские травы), геолого-геоморфологических (песчаные равнины, пляжи, себхи, вадии и т.д.) и географических (аридный климат, чистые и теплые воды) особенностей.

До 1980-х годов, в данном районе, велась незначительная хозяйственная деятельность. После разрешения конфликта между Египтом и Израилем в 1977 году и открытия Суэцкого канала для международного мореплавания в 1976 году, обнаружения потенциально пригодных для добычи, запасов нефти, а также с усилением туризма и, связанным с этим, развитием урбанизации, ситуация коренным образом изменилась. Хотя такого рода деятельность привела к важным социально-экономическим выгодам для Египта, но она имела и обратную сторону – изменение состояния наиболее экологически значимых компонентов прибрежной экосистемы, таких как кораллы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли. В настоящее время, воздействие на береговые ландшафты как никогда сильно.

В этой связи, вопрос получения качественной и количественной оценки воздействия хозяйственной деятельности на прибрежную экосистему и ландшафт береговой зоны стоит очень остро. Многофакторная обусловленность воздействия на береговую зону Красного моря, предопределяет сложную картину происходящих в ней изменений.

Дистанционные, в частности космические методы являются одним из наиболее эффективных путей решения этой проблемы. Спутниковая информация высокого пространственного разрешения позволяет провести детальный анализ геоморфологических особенностей береговой зоны и происходящих в ней изменений, выявить особенности наиболее важных морских бентических сообществ, таких как коралловые рифы, морские травы и макроводоросли, а также мангровой растительности. В этой связи совершенствование процедур дешифрирования и техники анализа спутниковой информации, применительно к исследуемому району, является важным этапом будущего комплексного мониторинга прибрежной зоны Египта в одном из наиболее экономически важных районов.

Настоящее исследование основывается на применении и использовании мультитимеменных спутниковых снимков для задач исследования состояния береговой зоны Красного моря и выявления изменений произошедших в ней под воздействием антропогенных и природных факторов.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы состояла в оценке современного состояния береговой зоны Красного моря в районе между Рас Гемша и Сафага (Египет), изменения ландшафта и основных

бентических сообществ прибрежной зоны, произошедших за 16 лет (с 1984 по 2000) на основе анализа спутниковых снимков. Кроме того, целью работы являлось установление основных антропогенных и природных факторов вызывающих эти изменения и оценка их влияния на экологически значимые бентические сообщества региона, и также разработка рекомендаций, необходимых для осуществления устойчивого развития береговой зоны.

Для достижения этих целей предусматривалось решение следующих задач:

- Разработать алгоритм анализа информации, получаемой со спутника Ландсат, исходя из особенностей исследуемого района;
- Оценить существующие методики и предложить новые, эффективные процедуры улучшения спутниковых изображений, с целью проведения более точного тематического дешифрирования;
- Провести тематическое дешифрирование и картирование ландшафтов побережья и его геоморфологических особенностей;
- Провести тематическое дешифрирование и картирование распространения бентических сообществ прибрежной зоны;
- Получить количественные оценки изменения берегового ландшафта и основных экологически значимых бентических сообществ, таких как коралловые рифы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли;
- Оценить вклад антропогенных и природных факторов в изменения основных экологически значимых бентических сообществ и берегового ландшафта. Выявить особенности их проявления в районе исследования;
- Проанализировать современное законодательство Египта и существующую практику в области охраны береговой зоны Красного моря и предложить рекомендации по ее сохранению и рациональному использованию.

Район и объект исследования. Район исследования расположен в северо-западной части побережья Красного моря между Рас Гемша и Сафага (от $27^{\circ}44'05''$ с.ш. до $26^{\circ}38'05''$ с.ш.). Он охватывает область около 7500 км^2 и имеет береговую черту, длиной в 130 км.

Объектом настоящего исследования являются: коралловые рифы, морские травы, макроводоросли, мангровая растительность и береговые ландшафты суши, находящиеся под воздействием природных и антропогенных факторов.

Материалы исследования. В работе использовались следующие материалы:

- **Спутниковые данные.** Настоящее исследование основано на анализе двух снимков, полученных со спутника Ландсат. Один получен со спутника Ландсат 5 (сенсор ТМ) 21.08.84 г., другой – со спутника Ландсат 7 (сенсор ЕТМ+) 10.09.2000 г.

- **Натурные наблюдения.** Результаты экспедиционных исследований, проведенных в январе 2001 г. с целью сбора данных для верификации результатов тематического дешифрирования космических изображений.

Кроме того, в работе использовались топографические и геологические карты различных масштабов.

Научная новизна работы. В настоящем исследовании автором:

1. Разработаны новые алгоритмы обработки мультиспектральной информации со спутника Ландсат. Доказана их эффективность для дешифрирования и картирования бентических сообществ в береговой зоне;
2. Получены новые более детальные карты распределения важнейших компонентов прибрежной экосистемы (коралловые рифы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли);
3. Получены количественные оценки деградации коралловых рифов и морских трав в районе исследования;
4. Определены места эрозии и акреции береговой черты. Составлена детальная карта этих процессов в исследуемом районе;
5. Получены убедительные доказательства изменения состояния экологически значимых сообществ (коралловые рифы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли) под влиянием антропогенных факторов;
6. Предложен ряд рекомендаций, которые могут быть использованы для осуществления эффективного менеджмента и сохранения береговых районов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Методика использования мультиспектральной информации со спутника Ландсат для картирования и оценки изменений геоморфологических особенностей береговой зоны и экологически значимых морских сообществ района исследования;
2. Новые процедуры обработки мультиспектральных спутниковых изображений, повышающих точность тематического дешифрирования коралловых рифов, мангровых зарослей, морских трав и макроводорослей;
3. Оценки изменений состояния сообществ коралловых рифов, мангровых зарослей, морских трав и макроводорослей;
4. Зависимость характера и степени деградации коралловых рифов и морских трав в районе исследования от структуры антропогенного воздействия (туристическая и рекреационная деятельность);

Практическая значимость. Результаты картирования геоморфологических особенностей береговой зоны суши, динамики прибрежных экосистем, таких как коралловые рифы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли, имеют важное значение при планировании использования береговых зон.

Выявление происходящих изменений состояния основных бентических сообществ исключительно важно и необходимо для осуществления рационального менеджмента и сохранения прибрежных экосистем района исследования. Оценка характера воздействий природных и антропогенных факторов на прибрежную экосистему составляет основу менеджмента прибрежной зоны. Она необходима для долгосрочного и рационального планирования деятельности в областях, еще не затронутых хозяйственной деятельностью.

Рекомендации, предлагаемые в диссертационной работе, могут стать ключевыми аспектами при выработке соответствующих планов по рациональному использованию природных ресурсов береговой зоны Красного моря.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы по частям и в целом автор докладывал на научных семинарах Международного центра по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Ф. Нансена (Санкт-Петербург), National Institute of Oceanography & Fisheries (Египет), Nansen International Environmental & Remote Sensing Centre (Берген, Норвегия).

Публикации. По теме диссертации опубликована 1 работа.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключение и списка литературы. Объем рукописи 175 страниц машинописного текста, в том числе 42 рисунков, 10 таблиц и 27 фотографий. Список литературы включает 163 наименований на 14 страницах.

Автор признателен директору центра по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена (NIERSC), Берген, Норвегия, проф. О. М. Йоханнессену, господину Л. Н. Петтерссону и Норвежскому Исследовательскому Совету за поддержку в проведении исследований. Автор выражает глубокую благодарность также директору «Нансен-центра» к.ф.-м.н. Л. П. Бобылеву, д.ф.м.н. проф. Д.В.Позднякову, научному руководителю к.г.н., доц. И.О. Шилову, проф. Ахмеду Рифаату (Национальный Институт Океанологии и Рыболовства, Египет) за постоянную помощь и поддержку в проведении исследований и ценные советы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность работы, представляются ее цель и основные задачи, раскрываются научная новизна и практическая значимость работы, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1. Общая характеристика береговой зоны Красного моря и факторов, влияющих на ее состояние

В этой главе дается общая характеристика окружающей среды, социально-экономических факторов и ситуации, которая складывается во всей

северо-западной части Красного моря, принадлежащей Египту. Особое внимание уделяется району исследования и его специфике.

В разделе 1.1 дана физико-географическая и биологическая характеристика региона и отмечены отличительные особенности побережья Красного моря в районе Египта. Рассмотрены вопросы климата, океанографии, геологии, стратиграфии, геоморфологии и наличия экологически значимых биологических сообществ. Отмечено, что Красное море представляет собой уникальную высокопродуктивную экологическую систему, имеет большое разнообразие биологических сообществ и уникальные природные особенности. Оно содержит одни из самых теплых и соленых вод. Среднегодовая величина солености около 40%. Здесь преобладают полусуточные приливы, при этом амплитуды приливных колебаний лежат в пределах от 0.6 м в устье Суэцкого залива, увеличиваясь до 0.9 м на юге. Красное море и Суэцкий залив являют собой крупномасштабный раскол, произошедший в результате сдвиговой деформации докембрийского афро-аравийский шита, который простирается в направлении с северо-запада на юго-восток более чем на 4500 км. Геоморфологически, береговая зона Красного моря может быть разделена на три параллельных геоморфологических единицы: Горы Красного моря – на западе, прибрежная равнина и берег – в центре и опоясывающие рифы и прибрежные острова в восточной части.

В разделе 1.2 рассматриваются социальные и экономические факторы, которые могут оказывать воздействие на природную среду.

Общее количество населения района исследования составляет около 165000 человек на площади 130 000 км². До конца 1960 годов около 98% побережья Красного моря находилось в девственных условиях. Сейчас ситуация существенно изменилась и район стал одним из наиболее быстро экономически развивающихся районов Ближнего Востока. Основными направлениями экономической деятельности являются: туризм, добыча нефти и газа, горнодобывающая промышленность и рыболовство.

В разделе 1.3 на основе анализа литературных данных рассмотрены различные виды загрязнений и эффекты их негативного воздействия на прибрежную экосистему региона и ее обитателей. В разделе 1.3.1 дана оценка антропогенных факторов. Отмечено, что значительные и хронические нефтяные аварии в Красном море представляют наиболее сильную угрозу региону. Начиная с 1982 года, около Египетского побережья произошло более чем 20 разливов нефти. Загрязнение нефтью отмечается вдоль значительной части побережья Красного моря. Степень загрязнения распределена не равномерно. Нефтяное загрязнения максимально в заливе Зейт, где ведется интенсивная разработка и добыча нефти, и уменьшается при движении на юг.

Муниципальные и промышленные сточные воды поступают прибрежную окружающую среду в разнообразном виде и от разных источников. Прямое и

опосредованное попадание сточных канализационных вод увеличивает давление, особенно на чувствительных морских сообществах, таких как кораллы и морские травы. В районах, где канализационные сточные воды до сих пор сбрасываются прямо в море (Суэцкий залив, Хамата) возникают локальные условия эвтрофикации. В этих районах, большие площади коралловых рифов уже заросли макроводорослями.

Опреснительные установки выбрасывают теплую и очень соленую воду, что существенно ухудшает окружающую среду вокруг зоны выброса. Опреснительные установки широко распространены в районах больших городов и основных отелей, которые зависят от функционирования этих установок.

Возведение туристических объектов включает в себя ряд инженерных операций и различной строительной деятельности, такой как дноуглубительные работы, строительство отелей, землемерные работы, строительство вдольбереговых дорог. Все перечисленные выше виды деятельности широко практикуются вдоль всего Египетского побережья, нанося непоправимый вред окружающей среде. В районе Хургады большое число мангровых зарослей и рифовых платформ было загублено, благодаря такой деятельности.

Другой вид воздействия со стороны туризма состоит в сборе ракушек и кораллов для коллекций, подводной охоте, организации якорных стоянок, устройстве водных трамплинов, сбросе мусора и других отходов. Физическое разрушение коралловых рифов возникает, как прямой результат бросания якорей. Это особенно отмечается в районе Хургады и в других районах, где сильно развит подводный туризм.

Рыболовство и судоходство также могут воздействовать на прибрежных обитателей. Главные морские пути проходят рядом с коралловыми рифами и, поэтому, существует риск связанный с морскими авариями. Другим опосредованным воздействием судоходства, является загрязнение за счет выброса мусора и сточных вод в прибрежные воды во время плавания.

Избирательный или неконтролируемый вылов отдельных видов рыб создает угрозу их существованию, а также угрозу всей экосистеме коралловых рифов. Например, вылов рыбы-шар, может вызвать интенсивную гибель кораллов, т.к. она является главным хищником морского ежа "Crown-of-thorns starfish", одного из основных врагов кораллов.

В разделе 1.3.2 рассмотрены основные природные факторы, которые могут воздействовать на состояние прибрежной экосистемы района исследования. Среди природных факторов, только воздействие мутьевых потоков и доминирование одного из хищников в экосистеме коралловых рифов представляет реальную угрозу.

Глава 2. Материалы и методы комплексного анализа спутниковых снимков

В этой главе излагаются методы и алгоритмы, которые использовались для обработки спутниковых снимков.

В разделе 2.1 представлены характеристики данных полученных со спутника Ландсат, картографических материалов и результатов полевых наблюдений. Для решения поставленных в работе задач, использовалась два снимка со спутника Ландсат (приборы ТМ и ЕТМ+). Один снимок был получен 21.08.1984 со спутника Ландсат 5 (прибор - ТМ), второй - 10.09.2000г. со спутника Ландсат 7 (прибор ЕТМ+). Вся обработка снимков проводилась с использованием программы ER Mapper 5.5.

В разделе 2.2 приводятся критерии, на основании которых выбирались спутниковые снимки. Отмечается, что данные снимки захватывают и документируют ситуацию до и после интенсификации хозяйственных деятельности в районе исследования. Пространственное разрешение данных снимков (30 м) достаточно для решения поставленной задачи и адекватного картирования большинства форм рельефа и особенностей распределения биологических сообществ в береговой зоне.

В разделе 2.3 дается описание схемы анализа мультиспектральных спутниковых снимков, используемых в работе. Методы обработки спутниковых данных включали две стадии: предварительную - геометрическая и атмосферная коррекция и нормализация данных и основную - преобразование изображения и собственно интерпретация и классификация космических снимков.

Геометрическая коррекция сводилась к приведению снимков к используемой картографической проекции, соответствующему масштабу и привязке к географическим координатам. Атмосферная коррекция была выполнена методом "удаления темных объектов". Оценка точности показала удовлетворительное качество геометрической коррекции и нормализации.

Для анализа спутниковой информации, исходя из особенностей района исследования, использовалась схема, представленная на Рис.1. Схема включает: процедуру бинарного маскирования, методы улучшения изображения и визуальную интерпретацию снимков. Количественный анализ снимков основан на процедурах автоматической классификации. Для выявления и количественной оценки изменений, использовались разные методы в том числе метод до-классификационного сравнения, после-классификационного и непосредственной мультитременной классификации.

Глава 3. Дешифрирование и тематическое картирование спутниковых изображений

В разделе 3.1 рассмотрены методы улучшения изображения. На первом этапе была проанализирована эффективность нескольких процедур, которые,

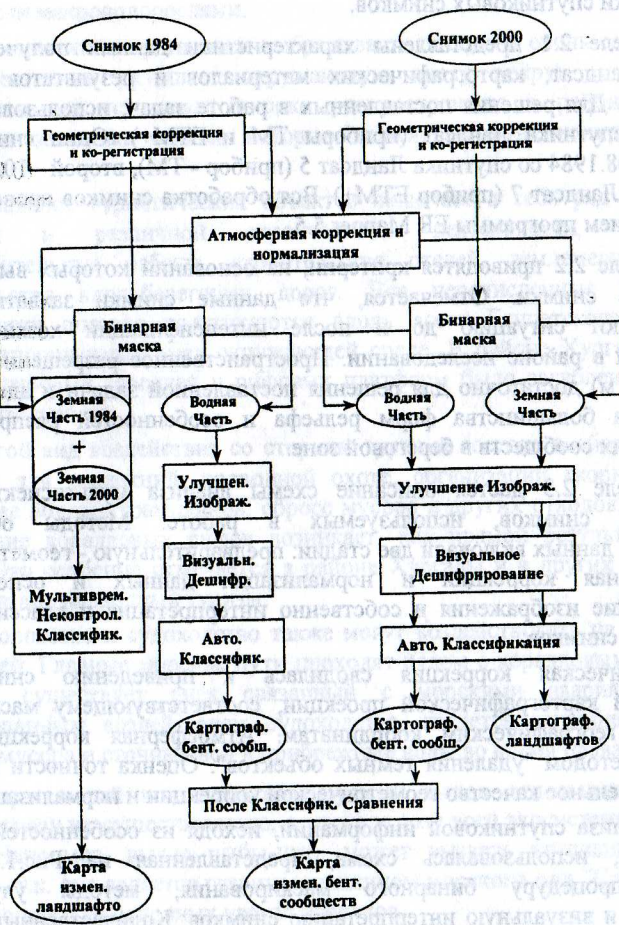


Рис. 1. Блок-схема анализа спутниковых снимков.

основанны на слиянии панхроматического диапазона (разрешение 15м) с мультиспектральными каналами (30м), с целью повышения точности картирования и качества идентификации геоморфологических и геологических особенностей района. Среди этих процедур – трансформация Бовери и метод главных компонент (РСА) оказались наиболее эффективными. С другой стороны установлено, что деление снимка на две части – суша и вода, посредством бинарной маски является очень эффективным методом и значительно улучшает изображение. На следующем этапе различные процедуры анализа изображений применялись независимо, как для выделенных территорий, так и снимков использованных в качестве маски.

Из всех проанализированных процедур, применяемых для улучшения изображения, наиболее эффективными для картирования геологических и геоморфологических особенностей суши оказались: синтезирование изображения в псевдоцветах (сочетание каналов 1,4,7 в BGR режиме), метод спектральных отношений (сочетание каналов 1,4/1, 5/1 в BGR режиме) и метод главных компонент (сочетание компонент 1,2,4 и 1,2,6 в BGR режиме).

Для анализа водной части использовались первые четыре спектральных диапазона сенсоров TM и ETM+. Установлено, что наиболее эффективными процедурами для улучшения качества изображения водной участка являются трансформация Бовери, и процедуры слияния VIS-NIR и BGR. Последние две процедуры разработаны автором и впервые использованы в этой работе.

Процедура слияния VIS-NIR сводится к комбинации зеленого (B2), красного (B3) каналов видимого диапазона и ближнего ИК (B4) в нормированном виде, с последующим добавлением голубого (B1) канала в каждый цветовой слой, т.е.

$$\text{Голубой слой } (B) = (B2/(B2+B3+B4)) * B1$$

$$\text{Зеленый слой } (G) = (B3/(B2+B3+B4)) * B1$$

$$\text{Красный слой } (R) = (B4/(B2+B3+B4)) * B1$$

Результирующий снимок является наиболее потенциально информативным для оконтуривания бентических сообществ т.к. он отражает еще и изменения рельефа дна, сохраняя спектральные значения яркостей подводной растительности.

Процедура слияния BGR базируется на сочетании зеленого (B2) и красного (B3) каналов видимого диапазона в нормированном виде, с последующим добавлением голубого (B1) канала в каждый цветовой слой, т.е.

$$\text{Голубой слой } (B) = B1$$

$$\text{Зеленый слой } (G) = (B2/(B2+B3)) * B1$$

$$\text{Красный слой } (R) = (B3/(B2+B3)) * B1$$

Результирующий снимок является наиболее эффективным для оконтуривания морских трав т.к. он имеет повышенные значения яркостей и

отражает максимальные глубины до которых проникает свет в выбранных диапазонах видимого света.

В разделе 3.2 приводятся результаты тематического дешифрирования спутниковых снимков. Совместное использование результатов дешифрирования и данных полевых наблюдений позволило построить новую тематическую карту района, которая отображает основные геоморфологические особенности рельефа суши в береговой зоне (Рис. 2). Тематическое картирование района произведено на основе изображения полученного в сентябре 2000 г., т.к. оно отражает современное состояние региона. На основе совместного использования проведенного визуального дешифрирования получено детальное описание геоморфологических особенностей района и морских сообществ, таких как коралловые рифы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли.

Раздел 3.3 посвящен проведению автоматической классификации спутниковых изображений для более детального тематического картирования. Автоматическая классификация включала два подхода: не интерактивный и интерактивный. Развитием этих двух процедур служила "гибридная" классификация. Исходя из принятой схемы анализа снимков, первоначально проводился анализ геоморфологических особенностей суши.

В разделе 3.3.1 приводятся результаты проведенной автоматической классификации. На первом этапе была проведена не интерактивная классификация, для оценки спектральной различимости и распределения классов и объектов изображения. Данные всех каналов (кроме ИК канала), с маскированной водной поверхностью, были введены в алгоритм автоматической кластеризации ISOCCLASS программы ER Mapper и выполнено несколько кластерных итераций. Оценка полученных классов, показала наличие существенной ошибки при выделении некоторых классов. Классы, соответствующие гранитным породам в некоторых случаях смешивались с классами метаосадочных пород, пограничными коралловыми формами блока Абу Шаар, песчаниками (гора Русас) и областями себх. Ошибки при выделении классов также обнаружены между изверженными и метаморфическими породами и тенями от гор.

Для разрешения возникших неоднозначностей при дешифрировании изображения была проведена интерактивная классификация, которая включает три этапа. Во-первых, выбор наиболее представительных пикселей из каждого класса, т.е. выбор "обучающей" области. Во-вторых, улучшение статистик "обучающей" области. В-третьих, классификация изображения снимка, используя алгоритм максимального правдоподобия (Maximum Likelihood (MLL) classifier). Сравнение обучающих областей показало, что спектральные ошибки выделения классов между близ расположенными типами поверхности остаются. Спектральные различия были даже хуже после корректировки и пересчета репрезентативных пикселей. Невозможно было разделить спектральные классы, соответствующие аллювиальным террасам и

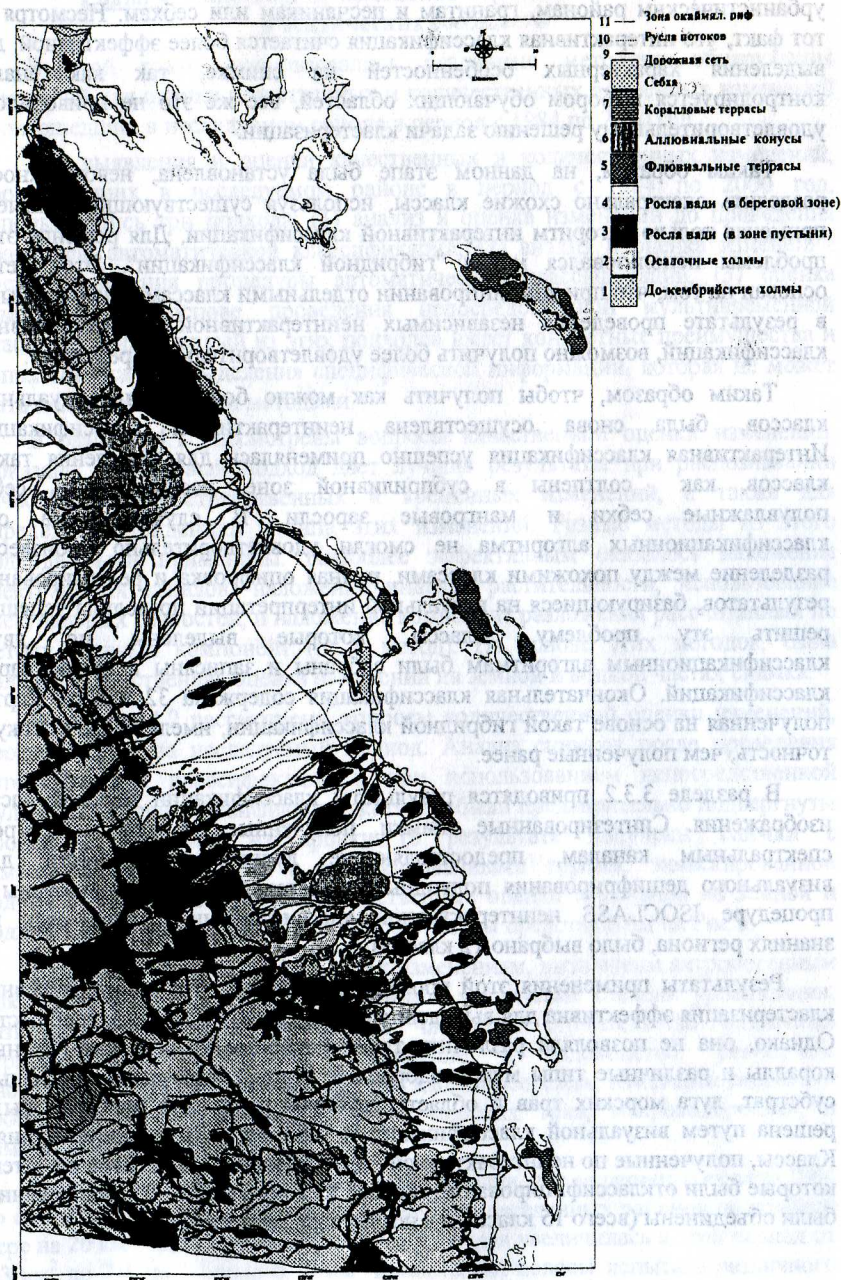


Рис. 2. Обобщенная геоморфологическая карта района исследования.

урбанистическим районам, гранитам и песчаникам или себхам. Несмотря на тот факт, что интерактивная классификация считается более эффективной, для выделения характерных особенностей на снимке, так как анализ контролируется выбором обучающих областей, все же это не приводило к удовлетворительному решению задачи кластеризации.

Таким образом, на данном этапе была установлена, невозможность разделить спектрально схожие классы, используя существующие данные и применяя только алгоритм интерактивной классификации. Для решения этой проблемы использовался метод "гибридной классификации". Этот метод основан на том, что при комбинировании отдельными классами, полученными в результате проведения независимых неинтерактивной и интерактивной классификаций, возможно получить более удовлетворительный результат.

Таким образом, чтобы получить как можно больше индивидуальных классов, была снова осуществлена неинтерактивная классификация. Интерактивная классификация успешно применялась для выделения таких классов, как солтпены в субприливной зоне, растительность себх, полувлажные себхи и мангровые заросли. В случае когда оба классификационных алгоритма не смогли удовлетворительно произвести разделение между похожими классами, ручная оцифровка и редактирование результатов, базирующиеся на визуальной интерпретации позволила успешно решить эту проблему. Классы, которые выделены по двум классификационным алгоритмам были собраны и записаны в новую карту классификаций. Окончательная классификация содержала 32 класса. Карта, полученная на основе такой гибридной классификации, имела более высокую точность, чем полученные ранее.

В разделе 3.3.2 приводятся результаты классификации морской части изображения. Синтезированные снимки, полученные по первым четырем спектральным каналам, предоставляющие лучшие возможности для визуального дешифрирования подводных обитателей, были использованы в процедуре ISOCLASS неинтерактивной классификации. Основываясь на знаниях региона, было выбрано 12 классов.

Результаты применения этой процедуры показали, что неинтерактивная кластеризация эффективна для выделения большинства подводных сообществ. Однако, она не позволяла различить такие подобные классы, как плотные кораллы и различные типы макроводорослей, терригенный илисто-песчаный субстрат, луга морских трав и области глубокой воды. Эта проблема была решена путем визуальной классификации и "контекстного редактирования". Классы, полученные по неинтерактивной классификации, в дополнение к тем, которые были отклассифицированы, исходя из контекстного редактирования, были объединены (всего 15 классов) в новую карту классификаций.

Глава 4. Мониторинг изменений берегового ландшафта и бентических сообществ

В этой главе, использовались различные методики обнаружения изменений для оценки качественных и количественных временных изменений произошедших в исследуемом районе в период с 1984 по 2000 год.

Для выявления и оценки качественных и количественных изменений, произошедших в исследуемом районе в период с 1984 по 2000 год, использовались три подхода: (1) анализ и оценка изменений до проведения процедуры автоматической классификации, (2) анализ и оценка изменений после проведения процедуры автоматической классификации, (3) оценка изменений на основе проведения непосредственной мультитременной классификации. Каждый из этих подходов имеет конкретные преимущества и использовался для выделения специфической информации, которая не может быть получена другими методами.

В разделе 4.1 рассмотрены вопросы качественной оценки изменений. Показано, что первый подход дает лучшие результаты при распознавании качественных пространственных и временных изменений, а также для определения тенденции и типа этих изменений. Разные методы из этого подхода были применены. Наиболее эффективным оказалось наложение спектральных каналов, наложение индекса растительности, использование спектральных разностей, и наложение компонент разложения рассчитанных по методу главных компонент (РСА метод). На основе этих методов, была получена качественная оценка изменений на земной и водной частях снимка.

В разделе 4.2 рассмотрены вопросы количественной оценки изменений, произошедших за исследуемый период. Анализ снимков после проведения автоматической классификации и при использовании непосредственной мультитременной классификации, которые были предварительно подвергнуты процедуре бинарной маскировки (в результате получены снимки с замаскированной землей, с замаскированными горами, замаскированной водой), позволило получить количественные оценки изменений на земной и водной частях снимка. Обобщенные результаты представлены на Рис. 3.

В разделе 4.2.1 отмечается, что к изменениям, вызванным антропогенным факторами можно отнести обнаруженные: увеличение степени урбанизации, развитие прибрежного туризма (в частности строительство различных туристических сооружений), озеленение и садоводство, результаты дноуглубительных и намывных работы вдоль побережья, изменение состояния сообществ коралловых рифов, лугов морских трав, макроводорослей, и изменение площади себх.

Количественные оценки изменений показали, что за период с августа 1984 по сентябрь 2000 года произошло увеличение заселенных районов по крайней мере на 20 км². Площадь приусадебных участков увеличилась в этот период от 0.3 км² до 7.4 км². Около 6.55 км² прибрежной полосы испытала различного

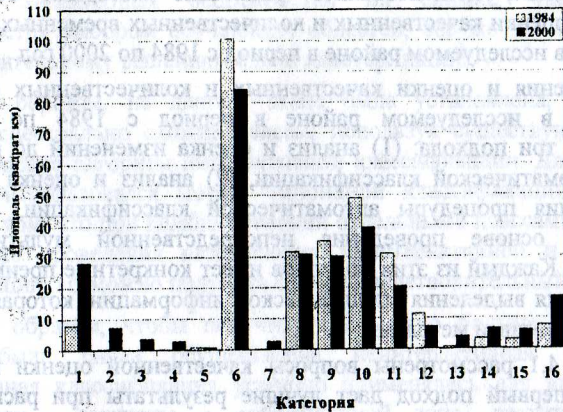


Рис. 3. Изменения берегового ландшафта и бентических сообществ.

* Макроводоросли (сред.-низк. плотность) №1 = Макроводоросли от средней до низкой плотности, растущие на скалистом дне; Макроводоросли (сред.-низк. плотность) №2 = макроводоросли от средней до низкой плотности, растущие на терригенном песчаном-илистом дне.

рода модификации или за счет намыва, или за счет дноуглубительных работ. Из этой области, 3.61 км² представляют добавленные земли в виде искусственных пляжей, портов, пристаней, возникшие за счет намывных работ. Остальные 2.90 км² представляют площади опоясывающих рифов, которые преобразованы в за счет дноуглубительных работ в искусственные бассейны или водные каналы для выхода кораблей или лодок в море.

Установлено, что средняя деградация коралловых сообществ достигает 17.4%. В процентном отношении она распределена следующим образом между видами: 3.09% в области высокой плотности кораллов, 13.51% в зоне «кораллового покрытия», 19.02% - в области пятнистых кораллов, 33.81% в области песчаного дна с редкими коралловыми образованиями. Результаты анализа показали также, что количество морских трав уменьшилось приблизительно на 36.9% в период с 1984 по 2000 г., и что, около 18.5 км² кораллов и биогенетического песчаного субстрата было замещено сообществами макроводорослей. Около 16.2% площадей seabed были потеряны в основном за счет урбанизации и развития туризма в прибрежной полосе.

В разделе 4.2.2. отмечается, что к изменениям, вызванным природными факторами можно отнести обнаруженные: эрозию и акрецию береговой линии, эрозию коренных пород и осадочных холмов, изменение площади и плотности покрова мангровой растительности, колебания курсов и русел вади (сухой водосборной канал) и отложений аллювиальных конусов, увеличение растительности вади.

Из этих категории, изменение площади мангровых зарослей является наиболее интересным. В отличие от других сообществ, таких как кораллы и морские травы, произошло увеличение сети мангровой растительности на величину около 80 000 м², что составило 9,8% от их общей площади (Рис. 3).

Глава 5. Оценка воздействия антропогенных и природных факторов на экосистему прибрежной зоны

Анализ мультиспектральных снимков со спутника Ландсат, полученных в 1984 и 2000 году, позволил выявить и оценить характер оказываемых воздействий на береговую зону между районами Сафага и Хургада.

В разделе 5.1 представлены результаты оценки влияния антропогенных факторов на развитие таких сообществ, как коралловые рифы, морские травы и макроводоросли. Показано, что нерациональный способ хозяйственных деятельности, обычно приводит к серии негативных воздействий и создает самую большую угрозу состоянию обитателей прибрежной зоны, особенно коралловым рифам и морским травам.

В разделе 5.1.1. приводятся доказательства воздействия урбанизации и развития туризма в береговой зоне. Дноуглубительные и намывные работы вдоль берега и района, опоясывающего рифа представляют одни из самых разрушительных видов деятельности, по отношению к прибрежной

экосистеме. Инвесторы стремятся занять часть рифовых платформ для использования новых земель в качестве искусственных пляжей, строительства летних домиков, морских пристаней и т.д. Последствия такой деятельности состоят в прямом воздействии, которое сопровождается непосредственной гибелью сообществ и в опосредованном влиянии, через эффекты седиментации. Другие, вторичные воздействия как эрозия, увеличение температуры и мутности воды обычно дополняют и усложняют проблему. Анализ снимков, полученных в 1984 и 2000 году, с использованием различных методик, ясно показал, что прибрежная полоса от района севернее Хургады до района южнее Сафаги стали главным районом, в котором произошли изменения за счет проведения различных земляных работ.

Наложение класса намывных районов (векторная форма) на снимок 1984 года позволило оценить ситуацию до и после проведения намывных работ и предоставить убедительные доказательства повреждения основных морских сообществ района исследования. Убедительно показано, что большие полосы кораллов и морских трав, которые существовали в 1984 году были полностью разрушены и заменены морскими пристанями. Анализ снимков подтвердил, что все пристани около Хургады были построены за счет разрушения коралловых рифов.

В разделе 5.1.2 приводятся результаты анализа воздействия туристической и рекреационной деятельности. Туристические виды деятельности включают в себя: подводное плавание, плавание с маской, спортивное рыболовство и другие виды водного спорта. Неправильная организация такой туристической деятельности оказывает большое давление на экосистему коралловых рифов и уже привели к уничтожению многих участков этой экосистемы. Например, удары ногами и вытаптывание подводными пловцами, сбор раковин и кораллов для коллекций, касание частей рифа, частые швартовки водолазных ботов и рыболовецких кораблей, представляют дополнительный источник физического разрушения кораллов.

Мультивременной анализ данных со спутника Ландсат позволил оценить неблагоприятные эффекты влияния туристической активности на основные морские сообщества. Приведен ряд доказательств повреждения коралловых рифов и морских трав под влиянием туристических деятельности. На основе мультивременного анализа, совместно с визуальным дешифрированием снимков 1984 и 2000 года, была проведена также оценка состояния экосистемы коралловых рифов около станций подводного плавания в районе исследования. Результаты этой оценки показывают, что в районах популярных и интенсивно используемых станций, антропогенное воздействие на рифы наиболее значимо.

В разделе 5.1.3 оценивается воздействие со стороны чрезмерного рыболовства и разрушительных методов лова. Отмечается, что лов рыбы с помощью динамита является самым разрушительным методом, который встречается во многих частях Красного моря Египта. К другим

разрушительным методам лова относятся рыболовство с использованием гарпуна и мелкочейстных сетей. Анализ мультिवременных снимков, позволил установить обширную деградацию коралловых экосистем в большинстве рыболовецких станций. Кроме того, получены убедительные доказательства воздействия такого рода деятельности на сообщества морских трав.

В разделе 5.2. представлены оценки влияния природных факторов. Попадание обломочных осадков в огромных количествах в район пояса окаймляющих рифов из вади во время проливных дождей является главным природным воздействием на коралловые рифы и другие морские сообщества. Вынос этих осадков, часто вызывает образование локальных и сильно изменчивых факелов взвесей, которые воздействуют на организмы морских обитателей, вызывая ограничение доступа света, необходимого для их жизни. Воздействие состоит, так же в изменении осадочного состава донного субстрата и в стоке большого количества пресной воды в прибрежные воды, вызывая тем самым изменение солености.

Визуальная интерпретация снимков (полученных на основе наложения 7 спектрального канала двух снимков и расчет спектральных разностей по 7 каналу) позволила выявить районы эрозии и акреции, а также оценить величину изменений вдоль береговой черты района исследования. Тщательная ручная экранная оцифровка изменений береговой черты позволила получить карту произошедших изменений, демонстрирующую эрозию и акрецию.

Глава 6. Проблемы сохранения и управления береговой зоной Красного моря: анализ и рекомендации

В этой главе проанализировано существующее национальное законодательство Египта в области окружающей среды и национальная стратегия управления окружающей средой и основные планы действий. Проведено описание основных административных органов и природоохранных организации. Приведены существующие программы мониторинга и проекты по окружающей среде и другие аспекты усилий по сохранению и управлению береговыми зонами. Дана оценка современному уровню менеджмента прибрежной зоной и текущим планам по сохранению природных ресурсов района. Кроме того, дана оценка существующим региональным и международным соглашениям.

Результаты проведенного анализа дали возможность определить существующие недостатки в области управления прибрежной зоной района. Эти недостатки включают: во-первых, неэффективность выполнения и реализации существующих законов и инструкций; во-вторых, недостаточное количество и ограниченные возможности профессиональных менеджеров, осуществляющих управление береговыми зонами; в третьих, отсутствие координации между большинством правительственных агентств и институтов; в-четвертых, отсутствие программ регулярного мониторинга или эффективных научных исследований, особенно в области оценки состояния прибрежных

экосистем. Отсутствуют программы по обновлению различных карт по окружающей среде (например, карт землепользования, распределения различных биологических сообществ и т.д.) региона; в пятых, полное отсутствие или не адекватное участие пользовательских групп в экологическом планировании и менеджменте.

На основе критической оценки недостатков и существующих действий в области сохранения окружающей среды и основываясь на результатах, полученных из анализа космоснимков, были предложены рекомендации, которые могли бы стать ключевыми аспектами современной стратегии управления. Эти рекомендации включают:

1. Приведение в соответствие существующих национальных, региональных и международных соглашений и законодательств. В этом отношении, наблюдение и контроль за их исполнением должен быть увеличен, посредством расширения полномочий.
2. Пересмотр и корректировка, существующих планов по сохранению и действий по управлению окружающей средой для их совершенствования и преодоления существующих недостатков.
3. Принятие регулярных исследовательских программ и мониторинга прибрежных экосистем. Постоянное обновление информации по ключевым аспектам их состояния. В этом отношении, рекомендованы специфические исследования. К ним относятся: (i) исследование причин интенсивного роста макроводорослей в регионе, установление природных и антропогенных факторов; (ii) определение допустимых нагрузок на экосистемы коралловых рифов, находящихся в районах интенсивного подводного плавания и другой туристической деятельности
4. Увеличение возможностей правительственных учреждений, чтобы гарантировать эффективное исполнение управленческих мероприятий и инструкций. Необходимо повышение уровня профессионального образования управленцев и технического персонала для увеличения эффективности проводимых мероприятий. Необходима большая координация между правительственными агентствами, что является основой успешного менеджмента.
5. Вовлечение и участие пользовательских групп в экологическое планирование и процессы управления регионом.
6. Установление дополнительных защищенных морских районов, чтобы охватить сообщества, находящиеся под сильным воздействием и подготовить программы для восстановления этих сообществ.
7. Принятие программ, направленных на увеличение понимания со стороны различных обществ, местного населения и частных лиц самого «смысла сохранения экосистем».
8. Поддерживать и расширять использование экологически безопасных

стандартов и средств в районах интенсивного использования, например, использование больших плавающих платформ, вместо цементных волноломов, развертывание морских буев вокруг зон коралловых рифов в районах интенсивного подводного плавания, вместо использования якорей для швартовки.

В заключении формулируются основные результаты и выводы работы.

1. Разработана схема анализа мультиспектральных изображений со спутника Ландсат применительно к береговой зоне Красного моря, с целью получения информации о геоморфологических особенностях района и состоянии таких сообществ, как коралловые рифы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли. На ее основе уточнены существующие карты геоморфологии и геологии района исследования и получены новые карты распространения указанных бентических сообществ. Проведена оценка процессов эрозии и акреции береговой черты в районе исследования.
2. Доказана эффективность использования данных со спутника Ландсат (сенсоров TM и ETM+) в качестве инструмента при оценке воздействий на окружающую среду. Показана возможность оценки влияния антропогенных факторов.
3. На основе спутниковой информации высокого пространственного разрешения, проведена оценка изменений берегового ландшафта и состояния основных экологически значимых компонентов прибрежной зоны (коралловые рифы, мангровые заросли, морские травы и макроводоросли). Результаты показывают, что деградация и потери прибрежных сообществ достигли беспрецедентного уровня. Получено, что в период с 1984 по 2000 годы от 17,4% до 33% сообществ деградировали и были сменены менее продуктивными сообществами. Около 37% лугов морских трав также потеряно. Около 18,5 км² кораллов и биогенетического песчаного субстрата было замещено сообществами макроводорослей. Площадь мангровой растительности увеличилась на 9,8%.
4. Установлено, что антропогенные факторы являются основными причинами вызывающими значимые изменения состояния прибрежных морских сообществ, таких как коралловые рифы, морские травы и макроводоросли.
5. Показано, что внутренняя структура антропогенного воздействия в исследуемом районе Красного моря носит сложный характер. Основными компонентами ландшафтно-деструктивного воздействия в береговой зоне суши являются: развитие площади урбанизированных территорий и увеличение количества камнедобывающих карьеров.
6. Установлено, что развитие туристической деятельности в исследуемом районе является основным фактором, вызывающим деградацию коралловых рифов и морских трав. Основными типами воздействия со стороны туристической деятельности являются: строительство морских причалов,

подводное плавание, организация якорных стоянок на рифах, дноуглубительные и намывные работы на рифе.

7. Анализ влияния природных факторов, показал, что они оказывают значимое воздействие только в районах конусов выноса вади. Мутьевые потоки, возникающие во время проливных дождей, выносят большое количество взвешенного терригенного материала в район коралловых рифов, что приводит к их деградации.
8. Проведенный анализ современного законодательства Египта и мероприятий в области охраны природы прибрежных территорий выявил наличие существенных недостатков. Основываясь на оценках характера и уровня антропогенного воздействия на состояние береговой зоны, а также современного законодательства Египта, предложен перечень рекомендаций, по преодолению существующих недостатков управления районом исследования.

Список публикаций по теме диссертации

1. Муфаддал В. М., Шилов И. О. Воздействия социо-экономической активности в береговой зоне Красного моря между Гемша и Сафага (Египет). В сб. тезисов докладов III международной научной конференции, "XXI Век. Научный прогноз студентов", 26-27 апреля 2001г., Санкт-Петербург., с.113-117.

Факультет географии и геоэкологии
 Диссертационный совет Д.212.232.21
 199178, Санкт-Петербург,
 10 линия В.О., д. 33.

Отзыв на автореферат можно
 послать по следующим номерам:
 Факс: (812) 234 38 65
 (812) 328 71 46