На правах рукописи

Маен Мохаммед Абдуллах Мутана

Разработка методики геоэкологического дешифрирования космических изображений побережья Красного моря Йеменской республики

Специальность 25.00.34

Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискания ученой степени

кандидата технических наук

Москва - 2010

Работа выполнена на кафедре природопользования и географии

Факультета прикладной космонавтики

Московского государственного университета геодезии и картографии

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор Зверев Анатолий Тихонович

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор Новаковский Богуслав Августович
кандидат технических наук,
профессор Стеценко Александр Филиппович

Ведущая организация: ФГУП « Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа»

Защита диссертации состоится « ____ » «_____» 2010 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д. 212.143.01 в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) по адресу: 105064, Москва, Гороховский переулок, 4. (Зал заседаний Ученого Совета)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии.

Автореферат разослан «____» «_____» 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Краснопевцев Б.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации.

Большая часть территории Йемена занята труднодоступными высокогорными районами и прибрежными пустынями. В этих условиях применение известных и разработка новых автоматизированных компьютерных технологий обработки космических изображений с целью получения различной геоэкологической информации с учетом эколого-географических особенностей территории Йемена является очень актуальной проблемой. Её решение способствует получению новой геоэкологической информации, повышению достоверности и оперативности её получения, а также резкому снижению затрат на эколого-исследовательские, прогнозные и другие виды работ, направленные на изучение и освоение малозаселенных прибрежных территорий Йемена и обновление геоэкологических, топографических и других карт, отражающих состояния и динамику различных природных систем и объектов.

Полученные результаты явятся основой рациональной пространственно-ресурсной организации территориального развития Йемена, и следовательно, будут способствовать осуществлению различных проектов по природопользованию с минимизацией рисков для природных экосистем.

Разработки в области технологии оптимизации получения информации о прибрежных районах Красного моря могут использоваться в других регионов Йеменской республикой, а также в других странах сходных с ней по своим эколого-географическим условиям.

Цель работы.

Целью работы является разработка методики геоэкологического дешифрирования многозональных космических изображений природных экосистем территории Йемена.

Решаемые задачи.

• проведение обобщения и анализа технических средств дистанционного зондирования поверхности Земли в программных средствах получения и обработки космической информации для решения различных геоэкологических задач;

• проведение эксперимента по отработке методики автоматизированной обработки многозональных космических изображений применительно к геоэкологическим особенностям территории Йемена:

- изучение спектральных характеристик природных экосистем;

- проведение сравнительного анализа геоэкологической информативности космических изображений в зависимости от их оптических зон;

- проведение сравнительного анализа информативности космических изображений в зависимости от их разрешающей способности;

• критическая оценка разработанной технологии по сравнению с другими известными решениями;

Исходные материалы.

Основным фактическим материалом послужили материалы многозональной съемки КА Landsat-7 2000 года в шести спектральных каналах с пространственным разрешением 30 метров и топографическая карта масштаба 1:100 000 издания 1986г. Автоматизированный поиск осуществлялся при помощи программного пакета ERDAS IMAGINE.

Объект и предмет исследования.

• изучение литературных и картографических материалов;

• изучение и получение практических навыков работы с программными пакетами ERDAS, Adobe Photoshop.

•отбор программного обеспечения для решения конкретных задач, сформулированных в диссертации;

• подбор многозональных космических изображений на тестовые участки;

• определение оптимальных условий получения геоэкологической

информации в зависимости от типа и разрешающей способности зонального космического изображения;

•автоматизированная обработка космических изображений с использованием разных программных средств для получения требуемой геоэкологической информации;

• полевые исследования тестовых участков;

• сравнительный анализ полученных результатов с другими известными технологиями обработки космической информации.

Научная новизна работы.

- показана, что наиболее информативными для эколого-географических условий Йемена являются зелёная (0,45-0,52мкм) и инфракрасная (1,55-1,75мкм) зоны электромагнитного излучения;

- разработана и реализована технология геоэкологического дешифрирования на основе соотнесении спектральных характеристик природных экосистем в зеленой (0,45-0,52мкм) и инфракрасной (1,55-1,75мкм) зонах ;

- исследованы и отобраны программные пакеты, позволяющие производить оперативный анализ спектральных характеристик природных экосистем и облегчающие выработку классификаторов разных объектов природных экосистем прибрежных районов красного моря.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Методика геоэкологического дешифрирования космических изображений побережья Красного моря Йеменской республикой, основанная на соотнесении отражательных характеристик природных экосистем в разных спектральных зонах.
2. Спектральные характеристики природных экосистем Йеменской республики в разных зонах электромагнитного излучения.
3. Программные пакеты, позволяющие производить оперативный анализ спектральных характеристик природных экосистем и облегчающие выработку классификаторов разных экосистем.

Научная и практическая ценность работы.

- разработанная технология геоэкологического дешифрирования может быть использована для составления и обновления не только экологических, но и топографических и различных тематических карт социально-экологического, природоресурсного, природоохранного и другого содержания;

- предложенный способ оперативного анализа спектральных характеристик позволяет существенно сократить время поиска классификационных признаков и выработку спектрального классификатора по каждому из типов природных экосистем;

- полученные результаты могут явятся основой рациональной пространственно-ресурсной организации территориального развития прибрежных районов Йемена и будут способствовать осуществлению различных проектов по природопользованию с минимизацией рисков для природных экосистем;

- во многом пионерская работа соискателя для Йеменской республикой будет способствовать более эффективному внедрению в республике современных космических технологий познания мониторинги окружающий среды.

Публикации.

По теме диссертации опубликованы 3 научные статьи.

Структура и объём диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и список использованной литературы, который насчитывает 53 наименований. Объём диссертации составляет 145 страниц основного текста, включая 14 таблиц, 48 иллюстраций.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко описаны особенности решаемой проблемы, её актуальность, цель работы и поставленные задачи.

Первая глава посвящена экологической характеристике побережья Красного моря на территории Йемена, её природных экосистем с учетом эколого-географических особенностей территории Йемена, где материковая часть Йемена может быть разделена на четыре географические области:

• прибрежные равнины (включая равнина Тихама);

• горные области;

• рассеченные плато;

• пустыня.

Особое внимание уделяется исследуемому району окрестностей г. Салиф находящемуся в западной части прибрежной равнины Тихама с площадью=270795 гк, расположенной вдоль побережья Красного моря и простирающейся от города Миди на севере до Бир-Али в Аденском заливе на юге в виде полосы шириной 40 км. и длиной побережья Красного моря 735 км.

Также приводятся общие характеристики природных экосистем побережья Красного моря.

Также приводится краткое описание районов критических экологических ситуаций на побережья Красного моря. Загрязнение нефтепродуктами считается одной из крупных экологических проблем прибрежной зоны Красного моря.

Вторая глава посвящена анализу программного обеспечения, реализующего методы автоматизированного дешифрирования космических изображений, особенности систем и методов распознавания в задачах тематической обработки космических изображений.

Также приводится краткое описание существующего в настоящее время программного обеспечения для обработки цифровых космических

изображений и подробное описание программного пакета ERDAS IMAGINE, предназначенного для автоматизированного дешифрирования и исследования спектральных характеристик природных экосистем. Приводятся общие характеристики космических систем, включая подробное описание спутника Landsat – 7, данные которого широко используются в данной диссертации(таблица 1).

Изображения со спутника активно используются в геоэкологии для изучения природных и природно-техногенных экосистем, для изучения природных ресурсов в исследуемой области, для обновления геоэкологических и географических карт, для выделения и идентификации природных и антропогенных экосистем, для определения грунтов и почв.

Таблица 1. *Основные характеристики приборного комплекса ETM+ спутника LANDSAT-7.*

Спектральные каналы	**Спектральный диапазон, мкм**	**Пространственное разрешение, м**
1	0.452-0.514	30
2	0.519-0.601	30
3	0.631-0.692	30
4	0.772-0.898	30
5	1.547-1.748	30
6	10.31-12.36	120
7	2.065-2.346	30
Панхроматический	0.515-0.896	15

Третья глава посвящена исследованию спектральных характеристик тестовых участков побережья Красного моря в районе города Салиф. Приводятся информационные возможности различных спектральных каналов природных экосистем(таблица 2.). Приводится обоснование выбора тестовых участков для разных экологических экосистем на территории исследуемого района. Выбор экосистем обусловлен не только их преобладающим

распространением в пределах изученной территории, но и их большим влиянием на экологическую обстановку.

Таблица 2. *Классификация водных и наземных экосистем на территории Йеменской республики на побережье Красного моря.*

Биомы	Экосистемы
Красное море	Мелководья (прибрежная часть моря, глубина до 5 метров). Акватория (глубокая вода 5-20 метров). Коралловые рифы.
Побережье	Мангровые заросли.
Пустыня	Песчаная пустыня с ровным рельефом. Песчаная пустыня с каменными высыпками. Песчаная пустыня с дюнами. Песчаная пустыня с редкой древесно-кустарниковой растительностью. Засолённые земли (солончаки). Речные экосистемы (включая пересыхающие реки). Сельскохозяйственные пахотные земли.

Выполнены исследования по изучению отражательных характеристик по трём профилям(рис.1.), которые пересекали разные природные экосистемы (рис.2.).

профиль I-I’ = 33 км профиль II-II’ = 10.5 км профиль III-III’ = 8.5 км

Рис. 1. Фрагменты космического снимка Landsat – 7

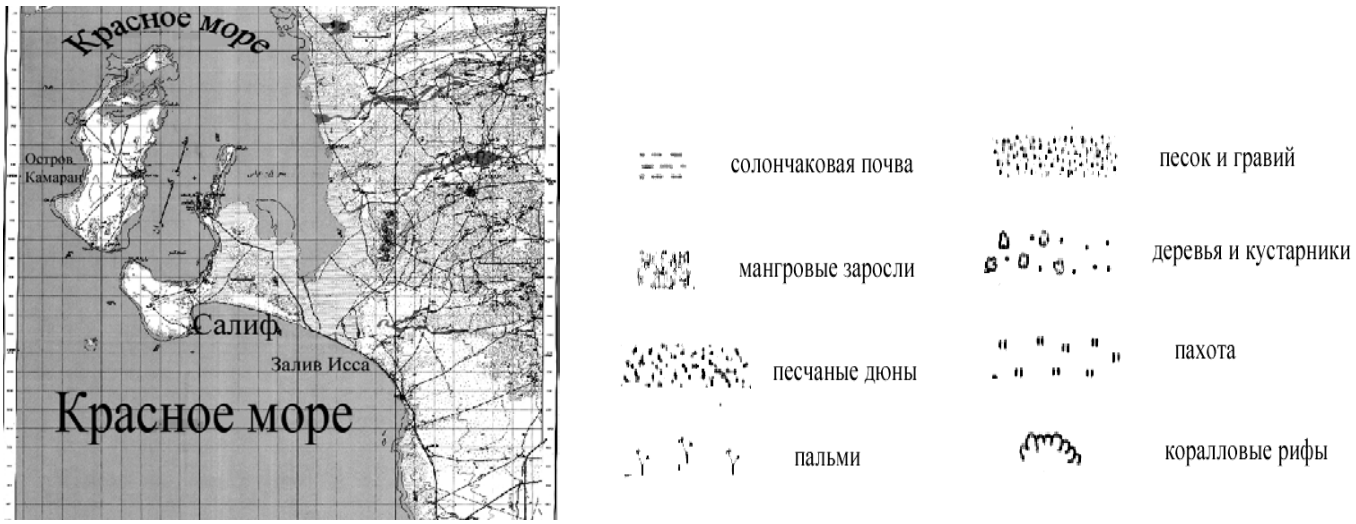

Рис.2. Топографическая карта исследуемого района г. Салиф. Масштаб 1: 100 000 издание 1986г.

На (рис.3.) приведены кривые вариаций отражательной способности земной поверхности по профилю I-I’ длиной 33 км, полученные при спектрометрировании шести спектральных каналов изображении Landsat–7 для профиля I-I’.

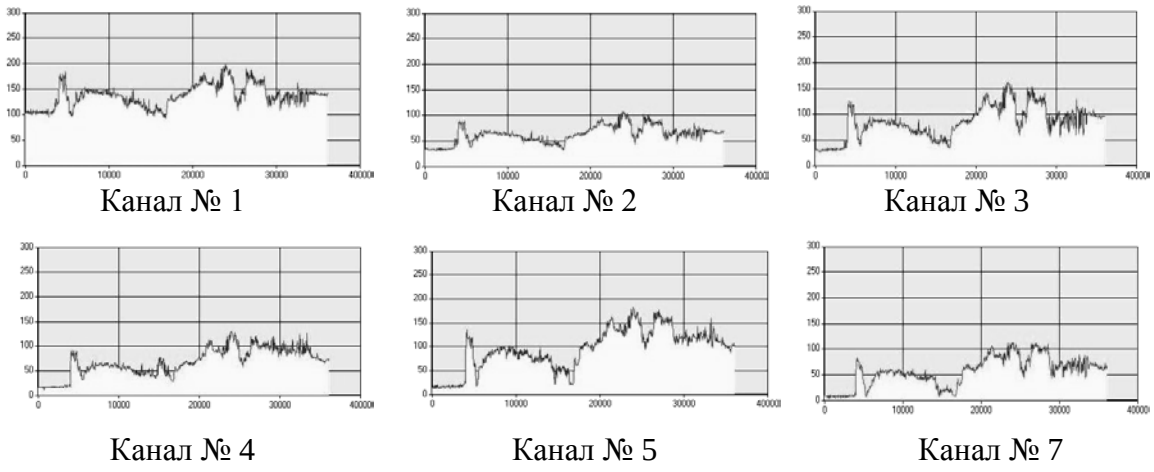

Рис.3. Вариации отражательной способности в условных единицах вдоль линии в каналах 1-7 спутника Landsat -7 для профиля I-I’

Наиболее сильные изменения отражательной способности происходят в каналах 1 (0.4-0.5мкм) и 5 (1.55-1.75мкм) (рис.4). В этих зонах оптического спектра экосистемы земной поверхности, которые пресекает профиль I-I’, обладают наибольшими отличиями спектральных характеристик. Таким образом, зоны 1 и 5 наиболее пригодны для автоматизированного распознавания экосистем земной поверхности.

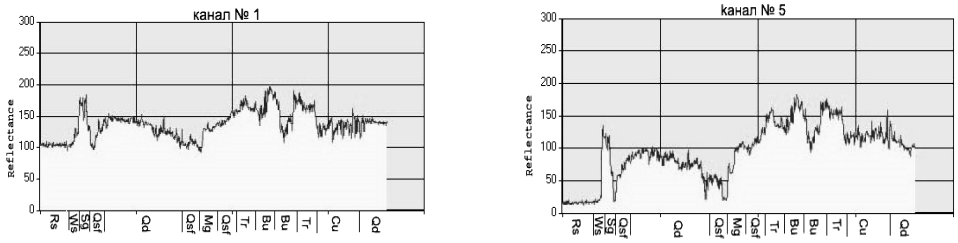

Рис.4. Вариации отражательной способности в 1 и 5 каналах спутника Landsat – 7 вдоль профиля I-I'. Внизу указаны типы экосистем

На **(**таблицах 3 и 4) показаны средних отражательных способностей экосистем, полученные на основе анализа 1 и 5 каналах. В них даны названия экосистем, их условные обозначения, а также минимальные, максимальные и средние значения отражательных способностей экосистем и их стандартные отклонения.

Таблица 3**.** *Средние отражательные способности экосистем, города Салиф, полученные на основе анализа 1 канала для профиля I-I'*

Название экосистемы	Условное обознач.	Средн. Значен.	Станд. Отклон.	Миним. значен.	Макс. Значен.
Акватория	Rs	104	1	102	106
Мелководья	Ws	113	8	104	134
Песчаная пустыня с каменными высыпками	Sg	165	12	134	183
Засолённые земли (солончаки)	Qsf	117	12	97	140
Песчаная пустыня с дюнами	Qd	136	6	120	151
Мангровые заросли	Mg	107	9	101	136
Песчаная пустыня с редкой древесной растительностью	Tr	165	8	146	184
Песчаная пустыня с редкой кустарниковой растительностью	Bu	157	22	116	198
Сельскохозяйственные пахотные земли	Cu	134	10	111	157

Таблица 4. *Средние отражательные способности экосистем, городаСалиф, полученные на основе анализа 5 канала для профиля I-I'*

Название экосистемы	Условное обознач.	Средн. Значен.	Станд. Отклон.	Миним. значен.	Макс. Значен.
Акватория	Rs	15	1	12	8
Мелководья	Ws	20	7	16	49
Песчаная пустыня с каменными высыпками	Sg	114	17	49	138
Засолённые земли	Qsf	57	19	20	94
Песчаная пустыня с дюнами	Qd	96	7	82	114
Мангровые заросли	Mg	49	8	26	66
Песчаная пустыня с редкой древесной растительностью	Tr	147	9	127	165
Песчаная пустыня с редкой кустарниковой растительностью	Bu	144	22	102	177
Сельскохозяйственные пахотные земли	Cu	118	9	96	151

Наиболее чётко экосистемы классифицируются при использовании средних значении отношения отражательных характеристик природных экосистемы, полученных в 1(0.4-0.5мкм) и 5 (1.55-1.75мкм) зонах (таблица 5.).

Выполненные исследования по изучению спектральных характеристик природных экосистем показали, что использование средних значении отношения отражательных показателей позволяет производить их автоматизированное дешифрирование на аэрокосмических изображениях.

Таблица 5. *Средние значения отношения отражательных характеристик экосистем, полученные в 1 и 5 каналах для профиля I-I'*

Название экосистемы	Условное обознач.	Средн. Значен.	Станд. Отклон.	Миним. значен.	Макс. Значен.
Акватория	Rs	0.144	1	0.118	0.075
Мелководья	Ws	0.177	0.875	0.154	0.366
Песчаная пустыня с каменными высыпками	Sg	0.691	1.417	0.366	0.754
Засолённые земли	Qsf	0.487	1.583	0.206	0.671
Песчаная пустыня с дюнами	Qd	0.706	1.167	0.683	0.755
Мангровые заросли	Mg	0.458	0.889	0.257	0.485
Песчаная пустыня с редкой древесной растительностью	Tr	0.891	1.125	0.870	0.897
Песчаная пустыня с редкой кустарниковой растительностью	Bu	0.917	1	0.879	0.894
Сельскохозяйственные пахотные земли	Cu	0.880	0.9	0.865	0.962

Были также приведены исследования по изучению отражательных способностей по второму профилю II- II' длиной 10,5 км.

На (рис. 5.) приведены кривые вариаций отражательной способности земной поверхности по профилю II-II', полученные при спектрометрировании шести спектральных каналов изображении Landsat–7 для профиля II-II'.

Наиболее сильные изменения происходят в 1(0.4-0.5мкм) и 5 (1.55-1.75мкм) зонах (рис.6.), поэтому для более детального анализа наиболее рационально использовать именно их для автоматизированного распознавания экосистем земной поверхности.

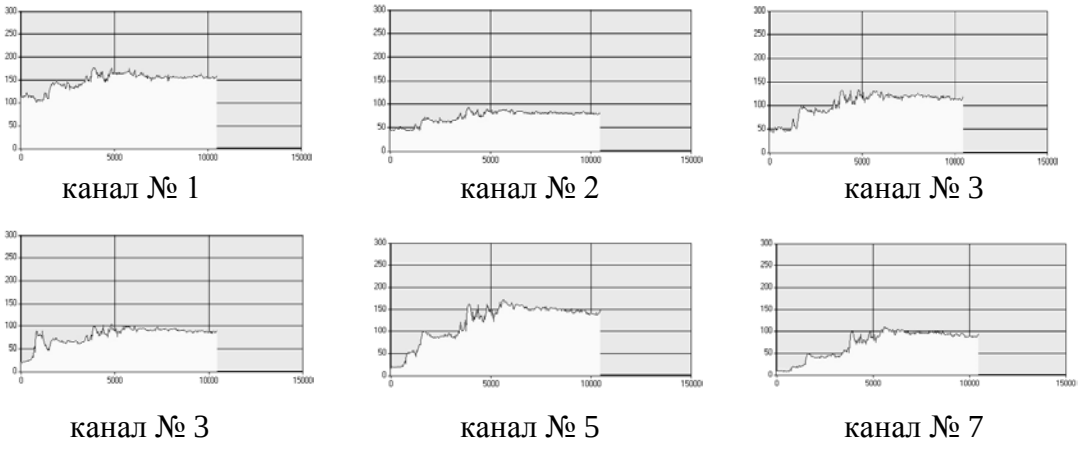

Рис.5. Вариации отражательной способности в условных единицах вдоль линии в каналах 1-7 спутника Landsat -7 для профиля II-II'

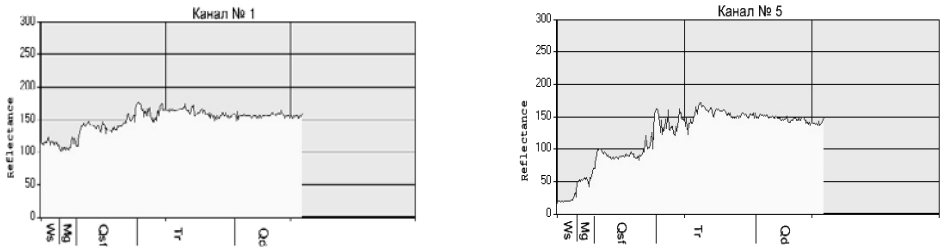

Рис.6. Вариации отражательной способности в 1 и 5 каналах спутника Landsat – 7 вдоль профиля II-II'. Внизу указаны типы экосистем

приводили исследования по изучению отражательных способностей по третьему профилю III-III' длиной 8,5 км.

На (рис. 7.) приведены кривые вариаций отражательной способности земной поверхности по профилю III-III', полученные при спектрометрировании шести спектральных каналов изображении Landsat–7 для профиля III-III'.

Наиболее высокоамплитудные вариации отражательной способности присущи каналам 1 (0.4-0.5мкм) и 5 (1.55-1.75мкм) (рис.8.). В этих зонах оптического спектра экосистемы земной поверхности, которые пресекает профиль III-III' обладают наибольшими отличиями спектральных характеристик. Таким образом, зоны 1 и 5 наиболее пригодны для автоматизированного распознавания экосистем земной поверхности.

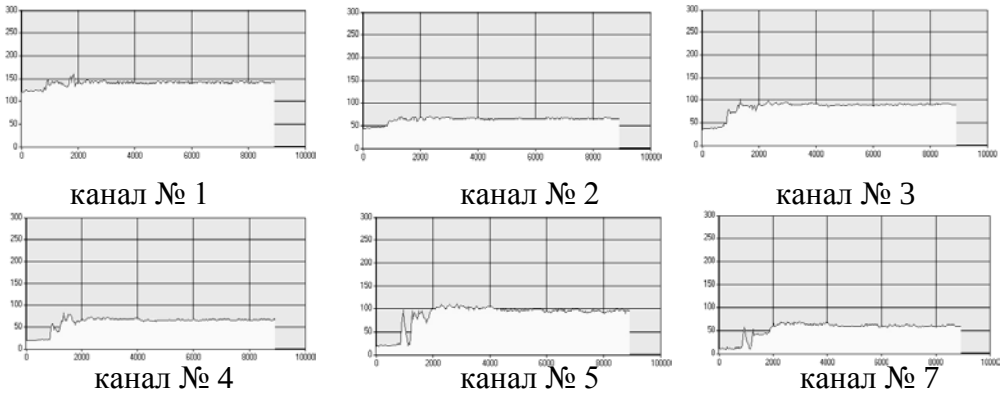

Рис.7. Вариации отражательной способности в условных единицах вдоль линии в каналах 1-7 спутника Landsat -7 для профиля III-III'

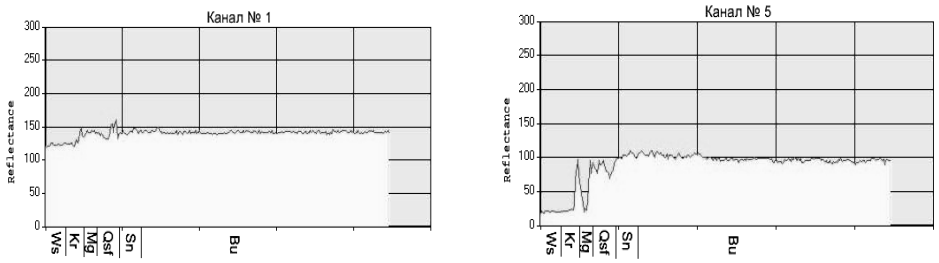

Рис.8. Вариации отражательной способности в 1 и 5 каналах спутника Landsat – 7 вдоль профиля III-III'. Внизу указаны типы экосистем

Исследование отражательных способностей природных экосистем по второму и третьему профилям(рис.1.) потвердели результаты, полученные по первому профилю. Касательно того, что наиболее информативны для автоматизированного распознавания природных экосистем побережья Красного моря являются 1 и 5 каналы и отношения отражательных способностей экосистем в этих зонах.

Выполненные исследования показали, что отобранное программное обеспечение позволяет быстро и эффективно разработать классификатор основных экосистем, распространённых в Йемене. При этом корректное определение природной экосистемы определенного типа требует нахождения собственной комбинации ее отражательных способностей в нескольких каналах многозонального космического изображения. Тем не менее, проведенный анализ показал, что наибольшее различие наблюдается в значениях отражательных способностей, полученных в 1(0,45-0,52мкм) и 5

(1,55-1,75мкм) каналах. На основе использования этих различий при помощи метода отношений отражательных способностей составлена схема дешифрирования (рис.9). Видно, что отношение отражательных способностей, полученных в 5 и 1 каналах, в основном хорошо воспроизводит пространственное распределение основных природных экосистем тестовых участков.

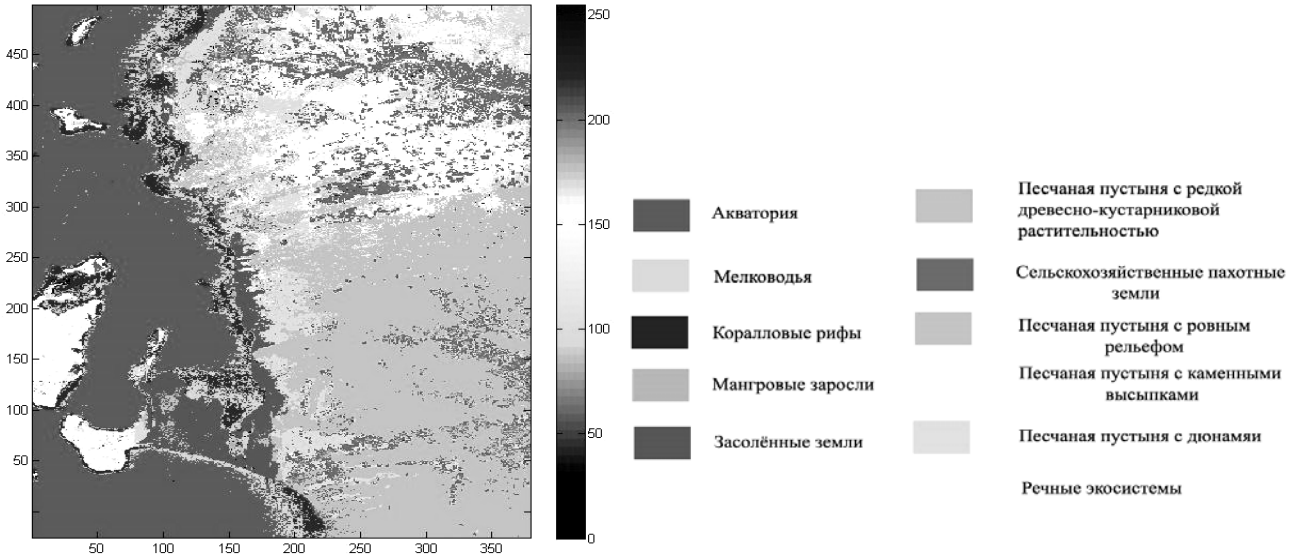

Рис.9. Отношение отражательных способностей природных экосистем в 5 и 1 каналах

Были проведены полевые исследования на побережье Красного моря в мае 2008г. следующих экосистем: 1- коралловые рифы; 2- мангровые заросли; 3- песчаная пустыня с ровным рельефом; 4- песчаная пустыня с каменными высыпками; 5- засолённые земли (солончаки); 6- песчаная пустыня с дюнами; 7- песчаная пустыня с редкой древесно-кустарниковой растительностью; 8- сельскохозяйственные пахотные земли. Исследования выполнены с помощью цифрового фотоаппарата SONY. На все исследованные экосистемы получены координаты, измеренные при помощи GPS (garmen rino 120) в проекции UTM зона 8 на эллипсоиде WGS-84. Это позволило установить их точное местоположение на топографической карте и космическом изображении.

Проведенные полевые исследования и съёмки позволили лучше узнать прямые и косвенные дешифровочные признаки исследованных естественных

и искусственных экосистем и их выражение на фотоснимках. Это дало возможность провести контроль за результатами автоматизированного дешифрирования космических изображений и доказать их достаточно высокую достоверность (в пределах 85-90%).

Четвертая глава посвящена другому методу автоматизированного дешифрирования природных экосистем побережья Красного моря по данным многозональной съемки КА Landsat 7, методу гиперпараллелепипедов.

Исходными данными для дешифрирования являлся набор из шести зональных изображений КА Landsat -7 в районе города Салифа на побережье Красного моря (рис.10).

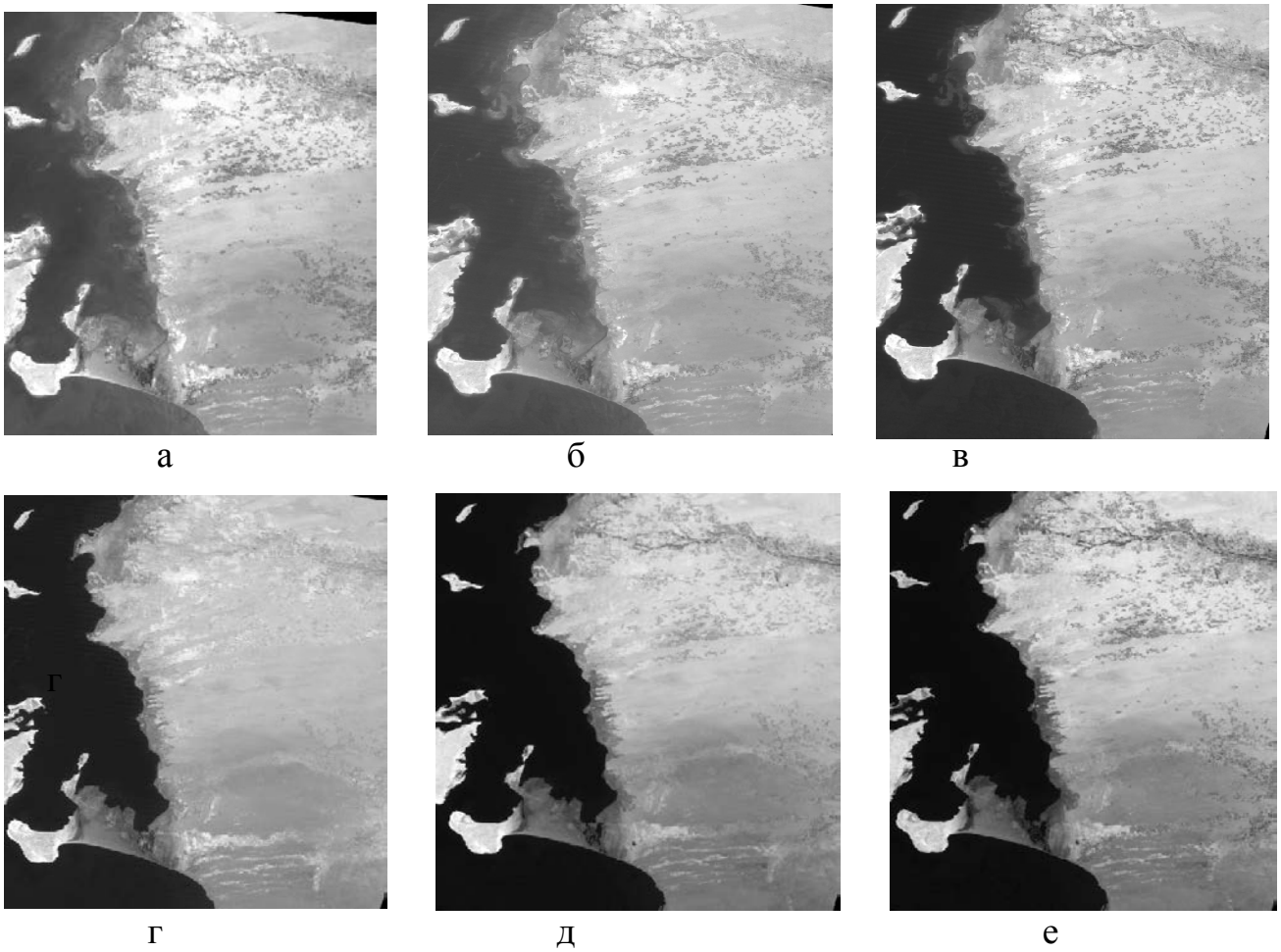

Рис.10. Исходные многозональные изображения КА Landsat-7. в диапазонах 0,45-0,52 мкм, 0,52-0,60 мкм, 0,63-0,69 мкм, 0,76-0,90 мкм, 1,55-1,75 мкм, 2,08-2,35 мкм, а,б,в,г,д,е , соответственно.

Совместная автоматизированная обработка позволяет оценить «спектральные образы» интерпретируемых классов, что повышает достоверность правильного распознавания экологических экосистем.

Для дешифрирования данной серии зональных снимков использовался метод контролируемой классификации (supervised classification) . определение тестовых участков осуществлялось на основе анализа картографического материала в виде топографической карты масштаба 1:100000, 1986г. Издания (рис.2). и результатах проведенных авторами полевых исследований местности. На основе этого был сформирован следующий набор классов экосистем:

- 1 класс: акватория Красного моря;
- 2 класс: мелководье (прибрежная часть) Красного моря;
- 3 класс: коралловые рифы;
- 4 класс: мангровые заросли;
- 5 класс: засолённые земли (солончаки);
- 6 класс: сельскохозяйственные пахотные земли;
- 7 класс: песчаная пустыня с дюнами;
- 8 класс: песчаная пустыня с ровным рельефом;
- 9 класс: песчаная пустыня с каменными высыпками;
- 10 класс: песчаная пустыня с редкой древесно-кустарниковой растительностью;
- 11 класс: речные экосистемы.

На втором этапе для каждого класса объектов на основе анализа картографического материала и результатов полевых исследований на дешифрируемом изображении были созданы наборы тестовых участков каждого класса объектов, часть которых в дальнейшем использовалась для формирования параметров алгоритма классификации, остальные тестовые участки использовались для проверки полученных результатов (рис.11).

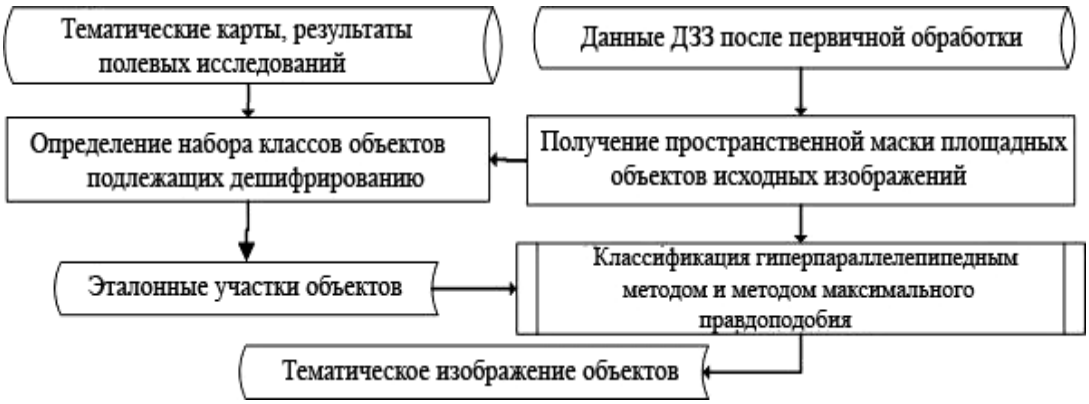

Рис.11. Блок-схема методики дешифрирования.

На третьем этапе была выполнена предварительная обработка исходного изображения. Так как все выделяемые классы объектов относятся к типу протяженных (площадных) в процессе предварительной обработки была построена пространственная модель площадных объектов исходного изображения. Блок-схема алгоритма построения пространственной модели исходного изображения показана на (рис.12).

Рис.12. Блок-схема построения пространственной модели площадных объектов исходного изображения

На четвертом этапе выполнялась классификация предварительно обработанных на третьем этапе изображений. В качестве классификатора использовался гиперпараллелепипедный метод и классификация по методу максимального правдоподобия. На (рис.13). показан результат классификации.

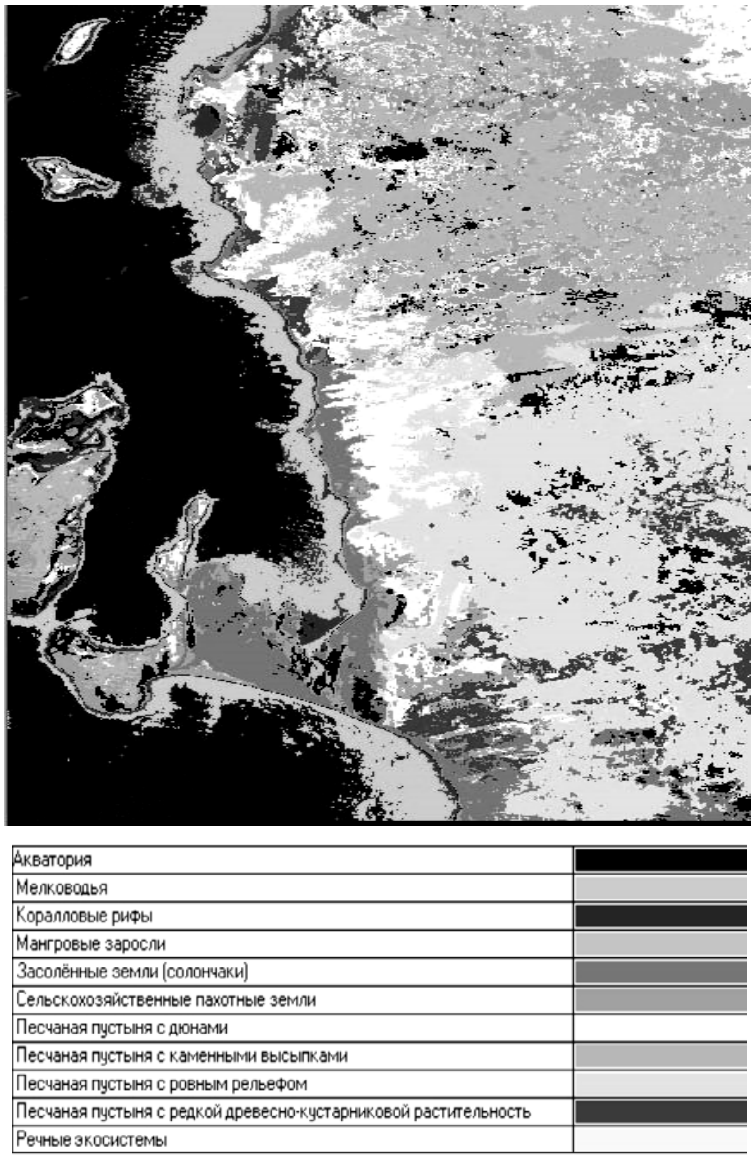

Рис.13. Классифицированное изображение района г. Салиф

Проведенная по тестовым участкам проверка достоверности дешифрирования показала, что вероятности правильной классификации экосистемы дешифрирования находятся в интервале 80- 85%.

Выполненные исследования показали, что на основе данных космической съемки Landsat – 7 разработанные методы автоматизированного дешифрирования позволяют достоверно классифицировать природные экосистемы при использовании контролируемой классификации.

Сравнительный анализ схем дешифрирования, полученных методом отношений отражательных способности (рис.9) и методом гиперпараллелепипедов (рис.13) позволяет рекомендовать оба исследованных метода (метод отношений отражательных способности и метод гиперпараллелепипедов) к использованию при дешифрировании территории побережья Красного моря Йеменской республики. Комбинирование данных методов позволит получить наиболее полную и достоверную картину границ различных экосистем на исследуемую территорию.

Основные результаты работы:

1. Выполнено обобщение и анализ технических средств дистанционного зондирования поверхности Земли программных средствах получения и обработки космической изображений и отобраны программные пакеты, позволяющие наиболее эффективно производить обработку космической информации в эколого-географических условиях Йемена.
2. Выполнен сравнительный анализ геоэкологической информативности зональных космических изображений и установлено, что для автоматизированного распознавания природных экосистем прибрежных районов Йемена наиболее эффективно использование отношения отражательных способностей, полученных в 1 (0,45-0,52мкм) и 5 (1,55-1,75мкм) каналах Landsat – 7.
3. Предложен способ оперативного анализа спектральных характеристик позволяющий существенно сократить время поиска классификационных признаков и выработку спектрального классификатора по каждому из образцов природных экосистем и проверить возможность их разделения.

4. Выполнено полевые фотографирование цифровой фотокамерой SONY наиболее характерных природных экосистем прибрежных районов Йемена с координатной привязкой фотографируемых объектов при помощи GPS.

5. Разработана методика геоэкологического дешифрирования прибрежных экосистем на основе соотнесении спектральных характеристик природных экосистем в зелёной (0,45-0,52мкм) и инфракрасной (1,55-1,75мкм) зонах электромагнитного излучения земной поверхности.

6. Построена схемы геоэкологического дешифрирования прибрежных районов Йемена на основе разработанной методики;

7. Выполнено геоэкологическое дешифрирование с использованием гиперпараллелепипедного метода и классификации по методу максимального правдоподобия.

8. Выполнен сравнительный анализ результатов дешифрирования, полученных при помощи методики, разработанной автором, и гиперпараллелепипедном методом. Сделан вывод о целесообразности комплексного использования авторской технологической разработки и гиперпараллелепипедного метода с целью взаимного контроля и пополнения получаемых результатов и детализации отдельных ситуаций и объектов.

Публикации по теме диссертации

1. Зверев А.Т., Мутанна М.М. Экологическое картографирование побережья Красного моря на территории Йеменской республики, Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2007, № 4, с.44-48.
2. Зверев А.Т., Малинников В.А., Мутанна Маен. Спектральные характеристики природных и антропогенных объектов побережья Красного моря на территории Йемена. Изв. Вузов. Геодезия и аэро-фотосъемка, 2009, № 1, с.3- 7.

3. Зверев А.Т., Марчуков В.С., Мутанна Маен. Автоматизированное дешифрирование природных экосистем побережья Красного моря по данным многозональной съемки КА Landsat 7/ сборник статей по итогам научно-технической конференции, посвященной 230-летию основания МИИГАиК.- вни.2.-част II-2009, с. 215-217.