УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
АО "НИИЦ центр "Природа", к.т.н.,
действительный член, академик
Российской академии космонавтики
имени К.Э. Циолковского
_____В.П. Седельников
«__» _____2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации АО «Научно-исследовательский и производственный центр «Природа»
на диссертацию Харазми Расул Сохраб на тему: «Оценка динамики аридных экосистем на основе материалов дистанционного зондирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия»

Диссертационное исследование Харазми Расул Сохраб посвящено актуальной проблеме, связанной с совершенствованием методик и технологий обработки и анализа разновременных космических снимков для оценки динамических изменений экосистем в экологически проблемных регионах аридных зон на примере территории бассейна р. Систан, расположенной на юго-востоке Ирана.

Актуальность темы диссертации обосновывается следующими основными положениями: аридные регионы, являются одними из наиболее проблемных территорий, с точки зрения рисков возникновения неблагоприятных изменений природных экосистем; материалы многозональной космической съемки позволяют проследить динамику таких изменений по разновременной космической съемке и выявить общий тренд происходящих процессов в природных экосистемах.

Одной из важнейших задач при анализе материалов космической съемки для оценки динамики экосистем, является обеспечение сопоставимости результатов обработки разновременных снимков за длительный период времени для их дальнейшего совместного анализа. При этом, необходимо учитывать не

только различия в характеристиках сенсоров и условиях космической съемки, но также сезонные изменения исследуемых природных объектов и их влияние на регистрируемую спектральную яркость. Решение этой важной задачи обусловило необходимость разработки специальной методики, обеспечивающей совместную обработку и анализ разновременных многозональных космических снимков, полученных на одну из аридных территории.

Цель диссертационного исследования состоит в разработке методики анализа временных рядов космических снимков для оценки динамики изменений экосистем водно-болотных угодий в бассейне р.Систан.

Основными **задачами**, решаемыми в диссертационной работе, являются:

проведение анализа основных физико-географических свойств бассейна р. Систан, с выявлением типов земель, подлежащих дешифрированию на космических снимках;

исследование современных методов обработки космических снимков для обоснования выбора оптимальных способов и приемов, пригодных для изучения территории картографирования, проведения экспериментальных исследований и оценки эффективности методов дешифрирования космической информации;

разработка методики автоматизированного анализа космических снимков, обеспечивающая корректное сопоставление результатов обработки разновременных космических снимков;

исследование возможности выявления сезонной динамики экосистем бассейна р. Систан на основе дешифрования разновременной космической информации, полученной за период с 1987 по 2016 гг. и анализа результатов дешифрирования, а также оценки их достоверности;

обоснование временных интервалов, наиболее приемлемых для оценки состояния, динамики экосистем территории исследования и определение тенденций к изменению площадей различных категорий земель за последние тридцать лет.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Определены и реализованы, в технологии автоматизированного дешифрирования, методические приемы и требования к сопоставимости исходных данных и результатов тематической классификации разновременных космических снимков аридных зон на большом временном интервале, а именно:

приведение всех снимков к единой яркостной шкале путем атмосферной коррекции;

обеспечение идентичного для всех снимков количества и тематики выделяемых классов объектов в границах обследуемой территории;

осуществление контроля идентичности в положении эталонов классов объектов в пространстве спектральных сигнатур по всем дешифрируемым снимкам.

2. Впервые по единой методике, основанной на разработанных автором принципах, выполнена обработка мультиспектральных снимков, полученных со спутника типа Landsat в тридцатилетний период для трех сезонов года, что позволило:

описать общую тенденцию и количественные изменения основных типов земель на исследуемой территории за 30-летный период наблюдений;

на основе анализа изменений основных типов земель установить, что наиболее репрезентативным показателем, отражающим негативную динамику экологической ситуации, является доля площади обводненных земель в границах исследуемой территории;

на основе ГИС-анализа результатов дешифрирования по трем сезонам годичного цикла, выделенным по климатическим особенностям исследуемого региона, определить наиболее репрезентативный сезон для анализа тенденций в изменении типов земель региона.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в следующем:

полученные результаты позволили выявить и проиллюстрировать необходимость учета сезонных факторов, специфических для исследуемой

территории, при анализе динамики экосистем на основе долговременного дистанционного мониторинга;

определено, что наибольшей репрезентативностью характеризуются площади обводненных территорий - показатели негативной динамики аридных экосистем, а не другие признаки, использованные ранее, в ряде работ, при оценке динамики данных экосистем.

Разработанная методика, обеспечивающая анализ многолетних данных дистанционного зондирования Земли, апробирована на примере водно-болотных угодий Хамун. Результаты анализа динамики сезонных изменений площадей основных типов земель по данным материалов космической съемки, наряду со сведениями о климатических и гидрологических характеристиках территории могут служить фактографическим материалом для изучения происходящих в регионе ландшафтно-экологических изменений.

На защиту вынесены следующие **научные результаты**:

1. Методика и технология автоматизированного тематического дешифрирования разновременных космических снимков, обеспечивающая возможность выявления и количественной оценки изменений типов земель в аридных регионах.

2. Результаты практического применения методики к анализу динамических процессов в системе водно-болотных угодий бассейна р. Систан, состоящие в следующем:

- выявлено, что после засухи в 2000 г. в регионе установилась устойчивая тенденция к опустыниванию, на которую не оказывают значительного влияния изменения речного притока;

- показано, что наиболее репрезентативным сезоном для определения тенденций изменения земель в регионе Систан, с учетом комплекса природных и антропогенных факторов, является осень, когда состояние экосистемы отражает влияние всех природных факторов, воздействующих на нее в течение годичного цикла;

- выявлено, что наиболее репрезентативным показателем, отражающим

негативную динамику состояния природных экосистем региона, является доля площади обводненных земель, при этом на доле площади под растительностью негативные изменения отражаются слабо.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и пяти приложений. Общий объем диссертации составляет 143 страницы печатного текста, в том числе 10 таблиц, 45 рисунков. Список используемой литературы включает 177 литературных источников, из них 143 на иностранном языке.

Во **Введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, приведены основные научные и практические результаты.

В первом разделе освещены существующие системы ДЗЗ. Описаны параметры съемочной аппаратуры космических спутников, их спектральное, пространственное и временное разрешение, полоса обзора. Приведена характеристика съемочной аппаратуры космической системы Landsat и обоснован ее выбор для решения поставленной задачи. Представлены основные принципы построения систем дешифрирования ДДЗ. Описаны спектральные характеристики объектов земной поверхности. Рассмотрены современные средства получения космической информации, которые позволяют решить разные задачи изучения динамики аридных экосистем. Приведено описание вегетационных индексов NDVI и SAVI.

Во втором разделе приведены физико-географическая и экономико-географическая характеристики изучаемого региона. Описаны существующие экологические проблемы водно-болотных угодий Хамун, расположенные на востоке Ирана и в западной части Афганистана, а также ранее проведенные исследования в данном направлении, подтверждающие актуальность работы.

Проведенный в данной главе анализ показал, что:

- на изучаемой территории классы водных объектов и растительного покрова являются наиболее важными классами объектов, присутствие которых на данной территории обеспечивает жизнедеятельность местного населения. Для

достижения цели, поставленной в рамках исследования, необходимо выявить и описать динамику развития этих объектов в течение гидрологического года;

описанные в научной литературе отдельные временные срезы демонстрируют существование общей тенденции увеличения засушливости на исследуемой территории, но не позволяют построить тренд изменений и прогнозировать дальнейшее развитие экологической ситуации;

для наиболее полной и объективной оценки динамики состояния экосистем необходим их дистанционный мониторинг в течение всего годового цикла, что позволит оценить влияние на динамику природно-климатических факторов, воздействующих на экосистемы.

Определено, что с увеличением числа эффективных алгоритмов тематической обработки космических изображений существует необходимость в оценке качества космических снимков и возможности отображения на них различных процессов, происходящих в окружающей среде. Автором сделан вывод, что такая потребность лучше всего решается путем создания стандартных наборов изображений с адекватной схемой классификации и набором репрезентативных эталонных участков.

В третьем разделе представлена разработанная методика автоматизированной обработки космических снимков и проанализирована сезонная динамика бассейна р. Систан по результатам автоматизированной обработки мультиспектральных космических снимков. Методика обработки временных рядов космических снимков обеспечивает сопоставимость результатов обработки, а разработанный алгоритм подбора и оценки качества эталонных участков с анализом спектральных профилей классов - обеспечивает высокую эффективность его применения для создания обучающих выборок при автоматизированном дешифрировании космических изображений исследуемой территории.

С помощью разработанной методики решаются следующие задачи в процессе обработки временных рядов космических снимков:

- приведение всех снимков к единой шкале измерений спектральной отражательной способности;

- выбор классов земной поверхности, представленных на всех снимках временного ряда и имеющих устойчивые спектральные признаки;

- подготовка обучающих данных и выбор метода классификации, обеспечивающего наилучшую точность результата по всем снимкам временного ряда.

В четвертом разделе освещены количественные изменения по сезонам в типах земель на исследуемой территории, описана методика геоинформационного анализа результатов тематической обработки космических изображений. Рассмотрены социально-экономические последствия пересыхания участков водно-болотных угодий. Для характеристики изменений в типах земель использовано пост классификационное сравнение (ПКС). К основным результатам исследований, представленных в четвертом разделе можно отнести:

- растительность на суше в целом не очень сильно реагирует на колебания годичного притока воды и площадь под растительностью не является оптимальным критерием для анализа динамики типов земель;

- наиболее репрезентативным показателем, характеризующим изменения экосистем в районе исследования, являются обводненные территории;

- пространственное расположение типов земель существенно различается в отдельные годы. Большинство изменений связано с преобразованием водных поверхностей в другие классы. Быстрое пересыхание воды обнажает верхний слой почвы и способствует ветровой эрозии;

- самая главная причина смены типов земель в исследуемом регионе в период с 1987 по 2016 годы, это колебания площади обводненных объектов, вызванные недостаточным притоком воды рек и характером климата.

Выявлено, что, с учетом комплекса природных и антропогенных факторов, наиболее репрезентативным сезоном для определения тенденций в изменении типов земель является осень, так как в осенний сезон состояние территории

отражает влияние всех природных факторов в течение года, в том числе летних засух и пыльных бурь.

В заключении изложены основные научные результаты диссертационного исследования, необходимые выводы, представлены практические рекомендации и предложения по перспективам развития исследований по данной тематике.

Основные результаты диссертационной работы были доложены, обсуждены и получили одобрение на следующих научных конференциях: Международная конференция GIAN (Тегеран, Иран, 2014), 1st International Conference on New Findings of Agricultural Science, Natural Resources and Environments (Тегеран, Иран, 2015), 1st International Conference on Natural Hazards and Disaster Management (Осака, Япония, 2017)

Основные результаты диссертационной работы представлены в 5 научно-технических статях, из которых 3 статьи опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ, 2 статьи - в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ и международных базах научных изданий Scopus.

Заключение о соответствии диссертационной работы установленным критериям:

В диссертационной работе Харазми Расул Сохраб сформулированные теоретические подходы и предложенные технологические решения и рекомендации изложены в логически обоснованной последовательности. Основные этапы технологических решений представлены в виде блок-схем с подробным описанием выполняемых действий.

Достоверность научных положений, выводов, рекомендаций подтверждается репрезентативностью исходного экспериментального материала, подробным анализом природно-климатических условий региона, обоснованным выбором методов и программных средств обработки данных дистанционного зондирования и результатами проведенных автором работы наземных обследований территории.

Результаты проведенных исследований могут быть применены при разработке схем дистанционного мониторинга аридных территорий, а также при выработке рекомендаций по обеспечению устойчивого развития аридных территорий. Отдельные методические и технологические решения, в частности, по выбору эталонов классов для выполнения контролируемой классификации, могут быть использованы при совместной автоматизированной обработке разновременных снимков на других территориях аридных зон.

Содержание автореферата соответствует основным научным положениям, изложенным в диссертационной работе.

По представленной диссертации имеются следующие замечания:

1. В третьей главе: не описана причина отсутствия зимнего сезона при оценке сезонной динамики территорий; в разделе 3.2.1

2. На стр. 78 на рисунках 3.8 и 3.9 целесообразно указать расположение контрольных точек наземной верификации.

3. Использованный в работе метод классификации – метод максимального правдоподобия, является стандартным методом и представлен во всех профессиональных пакетах обработки космической информации. В связи с эти необходимость приводить его математический аппарат отсутствует.

4. По тексту диссертации имеется ряд грамматических ошибок и стилистических неточностей.

Высказанные замечания не снижают значимости диссертационной работы и могут быть учтены при подготовке доклада на защите.

По итогам рассмотрения диссертации Харазми Расул Сохраб сделано заключение о том, что представленная диссертационная работа Харазми Расул Сохраб на тему: «Оценка динамики аридных экосистем на основе материалов дистанционного зондирования», является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи в области оценки динамики экосистем аридных зон на основе автоматизированной обработки и геоинформационного анализа временных рядов космических снимков, имеющей

существенное значение для развития научного и технологического потенциала Республики Иран.

Диссертация выполнена на высоком теоретическом и практическом уровне и соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия: п.4 «Теория и технология дешифрирования изображений с целью исследования природных ресурсов и картографирования объектов исследований»; п.5 « Теория и технология получения количественных характеристик динамики природных и техногенных процессов с целью их прогноза». Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», а ее автор Харазми Расул Сохраб заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Научно-технического комплекса - структурного подразделения Акционерного общества «Научно-исследовательский и производственный центр «Природа» 4 июня 2018 г. (Протокол № 5-18 от 04.06. 2018 г.).

Директор научно-технического комплекса
АО «НИиП центр «Природа», к.т.н.,
старший научный сотрудник по
специальности 20.02.09 –Военная геодезия,
топография, картография, фототопография — Ефимов Сергей Анатольевич

Ученый секретарь,
начальник сектора научно-технической информации
АО «НИиП центр «Природа», к.т.н.
по специальности 25.00.33 – Картография — Бровко Елена Алексеевна

Почтовый адрес организации: 111394, г. Москва, ул. Полимерная, д.10
Адрес электронной почты организации: priroda@dol.ru
Телефон организации: +7(499)748-41-63 факс: +7(495)301-42-85
Адрес официального сайта организации в сети «Интернет»:http://www.priroda-center.ru