

ОТЗЫВ официального оппонента

*на диссертационную работу Жарко Василия Олеговича
«Методы обработки данных спутниковых измерений спектрально-
временных характеристик отраженного излучения для дистанционной
оценки параметров лесного покрова», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.01 — «Приборы и методы экспериментальной физики»*

Диссертационная работа посвящена разработке методов обработки данных о динамике спектрально-отражательных характеристик земной поверхности по результатам многолетних спутниковых измерений, обеспечивающих возможность дистанционной оценки структуры лесного покрова на больших территориях.

Регулярная оценка состояния и динамики растительного покрова в различных масштабах является одной из задач дистанционного зондирования Земли из космоса. Важным классом растительного покрова является лесной покров, характеристики которого определяют ряд глобальных физических процессов обмена веществом и энергией между компонентами окружающей среды и являются входными параметрами моделей изменения климата и биогеохимических циклов.

Современный этап развития дистанционного зондирования Земли характеризуется огромным объемом накопленных данных многолетних спутниковых измерений, в том числе системами, обеспечивающими глобальное ежедневное наблюдение земного покрова. В то же время применяемые в настоящее время методы дистанционного зондирования лесного покрова связаны главным образом с обработкой данных относительно высокого разрешения для оценки структуры лесов в локальном масштабе, в котором преимущества использования спутниковых данных над классическими наземными методами не столь очевидны.

Совокупность отмеченных положений обуславливает **актуальность** представленной диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и двух приложений, содержащих список основных публикаций по теме диссертации и список научных конференций и семинаров, на которых были доложены результаты работы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель диссертационной работы, отмечены научная новизна, теоретическая и практическая значимость проведенных исследований, перечислены положения, выносимые на защиту, приводятся сведения об апробации и использовании результатов работы.

Первая глава работы посвящена анализу физических основ дистанционного зондирования растительного покрова и методов обработки данных, получаемых современными спутниковыми системами. Рассмотрены

существующие и перспективные инструменты оптического дистанционного зондирования, выполнен обзор методов как предварительной обработки спутниковых данных, так и тематической их обработки для оценки структуры лесного покрова. По результатам обзора предложены новые методы дистанционной оценки параметров лесного покрова на больших территориях на основе анализа данных спутниковых измерений.

Во второй главе диссертации описан предложенный автором метод обработки данных о фенологической динамике спектрально-отражательных характеристик лесного покрова по результатам многолетних спутниковых измерений для оценки его видовой структуры. В рамках этого метода автором подготовлены спутниковые данные о сезонной динамике спектрально-отражательных характеристик лесного покрова и тематические данные о пространственном распределении рассматриваемых классов лесного покрова (априорные вероятности и эталонные пиксели классов) для всей территории России. Реализована автоматизированная технология классификации подготовленных данных, учитывающая пространственную изменчивость отражательной способности классов лесного покрова при оценке его структуры на больших территориях. Разработаны методы постобработки результатов классификации для формирования набора данных о многолетней динамике видовой структуры лесного покрова России. В завершении главы выполнен анализ достоверности полученных результатов.

В третьей главе диссертационной работы автором предложен метод обработки данных спутниковых измерений коэффициента спектральной яркости (КСЯ) покрытой снегом земной поверхности для оценки объема стволовой древесины в лесах. В рамках метода создана технология предобработки данных спутниковых наблюдений зимнего периода для оценки характерных значений КСЯ покрытого снегом лесного покрова. Совместный анализ продуктов обработки данных различных спутниковых систем использован для параметризации модели зависимости полученных значений КСЯ от объема стволовой древесины для различных классов лесного покрова. Указанные модели использованы для восстановления ежегодных оценок величины объема стволовой древесины в лесах России на основе многолетних данных спутниковых измерений. Выполнен анализ достоверности полученных результатов. В завершении главы также предложен новый методический подход к дистанционной оценке возрастной структуры лесного покрова на основе использования полученных многолетних измерений объема древесины для параметризации модели динамики лесов.

В заключении приведены основные результаты работы.

Научная новизна работы состоит в разработке нового метода обработки данных о фенологической динамике спектрально-отражательных характеристик лесного покрова по результатам многолетних спутниковых измерений для оценки его видовой структуры, нового метода обработки данных спутниковых измерений КСЯ покрытой снегом земной поверхности для оценки объема стволовой древесины в лесах, и нового метода обработки

результатов многолетних спутниковых измерений объема стволовой древесины для дистанционной оценки возрастной структуры лесного покрова. Сформированные на основе разработанных методов наборы данных о многолетней динамике видовой структуры и объема древесины лесов России также являются новыми информационными продуктами, уникальными по территориальному охвату и тематической детальности.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы Жарко В.О. подтверждается их успешным практическим применением, а также сравнением с другими продуктами обработки спутниковых данных, демонстрирующим высокую степень согласованности информации из различных источников, и сравнением с данными официальной статистики на различных уровнях, характеризующимися высокими значениями коэффициента R^2 от 0,75 до 0,99.

Научная ценность диссертации определяется тем, что автором разработаны методы предварительной обработки результатов многолетних спутниковых измерений спектрально-временных характеристик отраженного излучения для получения данных о значениях КСЯ лесного покрова в различные периоды фенологического цикла, а также методы тематической обработки полученных данных для оценки параметров лесного покрова на больших территориях. Разработанные методы реализованы в составе автоматизированных технологий, обеспечивающих возможность ежегодного обновления информации о структуре лесного покрова России.

Практическая ценность полученных результатов определяется широким их использованием как при проведении научно-исследовательских работ, в том числе в рамках международного проекта ZAPAS, так и при решении различных прикладных задач спутникового мониторинга лесного покрова.

В то же время необходимо отметить ряд **недостатков диссертационной работы:**

- Не приведено строгого обоснования выбора параметров локализации, таких как шаг регулярной сетки, минимально необходимое число эталонных пикселей класса и радиус сбора данных, при использовании локально-адаптивного подхода LAGMA для классификации спутниковых данных. При этом выбор этих параметров, очевидно, влияет на результат обработки.
- Преимущества использования оптических, а не радиолокационных данных ДЗЗ для оценки объема стволовой древесины с точки зрения регулярности и глобального покрытия данными не вызывают возражений; в то же время упомянутая в работе возможность расширения диапазона измеряемых значений при использовании оптических спутниковых данных зимнего периода требует дополнительного анализа, так как насыщение уровня сигнала с ростом объема древесины, хорошо известное для радарных систем, может иметь место и при использовании оптических данных, что отмечено как в литературном обзоре, так и в результатах экспериментов автора.

- При анализе достоверности полученных результатов следовало больше внимания уделить сравнению с эталонными данными, полученными на тестовых подспутниковых полигонах, что является общепринятым подходом к валидации результатов обработки данных ДЗЗ.

При этом указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертационная работа написана обстоятельно и оформлена согласно соответствующему государственному стандарту. Диссертация Жарко В.О. представляет собой законченное исследование и вносит существенный вклад в развитие методов дистанционного зондирования растительного покрова.

Основные результаты работы достаточно полно представлены в публикациях автора, включающих в себя 4 статьи в российских и зарубежных периодических научных изданиях, входящих в перечень ВАК, и доложены на российских и международных научных семинарах и конференциях. Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание работы.

Диссертация удовлетворяет требованиям положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Жарко Василий Олегович заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент,
Заместитель директора НТЦ «Космонит»
ОАО «Российские космические системы»,
доктор технических наук



Черный И.В.

Научно-технологический центр «Космонит»
ОАО «Российские космические системы»
почтовый адрес: 117997 Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 84/32
тел.: 8 (495) 334-82-66
e-mail: icherny@cpj.space.ru

подпись Черного И.В. заверяю,
ученый секретарь секции НТС №5
ОАО «Российские космические системы»
кандидат технических наук



Спиричев Д.Л.