

## **Отзыв официального оппонента**

кандидата технических наук Шубиной Марины Александровны  
на диссертационную работу Мателенка Игоря Владимировича  
**МОНИТОРИНГ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ АРКТИКИ СПУТНИКОВЫМ СВЧ  
РАДИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды,  
веществ, материалов и изделий»

### **Актуальность темы диссертации**

Актуальность темы диссертации следует из Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, где одной из приоритетных задач для охраны окружающей среды и устойчивого развития территорий российского сектора Арктики определено совершенствование системы государственного экологического мониторинга с использованием современных средств наблюдения наземного, авиационного и космического базирования.

Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды включены в список критических технологий Российской Федерации.

Имеющиеся сети геокриологических стационаров (ГКС) и гидрометеорологических станций (ГМС) не позволяют получать информацию о состоянии и изменчивости грунтов на значительных по площади территориях Арктики, для решения задачи необходимо привлечение спутниковой съемки, позволяющей оценивать наличие и скорость изменения температуры многолетнемерзлых грунтов. Методология мониторинга грунтов Арктики с использованием спутниковых СВЧ радиометрических средств нуждается в совершенствовании.

В работе автор доказывает, что для мониторинга грунтов в региональном и глобальном масштабе в наибольшей степени подходят спутниковые СВЧ радиометры, и предлагает метод оценки изменчивости состояния мерз-

лых грунтов по спутниковым СВЧ радиометрическим данным, обосновывает выбор спутниковых СВЧ радиометрических средств мониторинга, разрабатывает теоретическую модель собственного СВЧ излучения многослойной среды «грунт-снег-атмосфера», адекватно описывающую излучательные свойства для территорий Арктики, и программно-алгоритмическое обеспечение для количественной оценки изменчивости состояния грунтов Арктики.

Перечисленные причины позволяют считать, что цель диссертационной работы «Мониторинг мерзлых грунтов Арктики спутниковым СВЧ радиометрическим методом» актуальна, и обоснована необходимость решения следующих сформулированных автором **научных задач**:

- разработать метод оценки изменчивости состояния мерзлых грунтов по спутниковым СВЧ радиометрическим данным;
- обосновать выбор спутниковых СВЧ радиометрических средств мониторинга состояния грунтов в Арктике;
- разработать теоретическую модель собственного СВЧ излучения многослойной среды «грунт-снег-атмосфера», для территорий Арктики;
- создать на основе модели программно-алгоритмическое обеспечение для количественной оценки изменчивости состояния грунтов Арктики и разработать методики обработки СВЧ радиометрических данных;
- определить границы географической области, в которой разработанный метод может быть использован;
- с помощью разработанного метода выполнить исследование изменчивости состояния грунтов в одном из ключевых для мониторинга мерзлых грунтов районов Арктики – на севере Западной Сибири.

Решение поставленных задач начинается в первом разделе с анализа используемых в настоящее время методов оценки изменчивости состояния мерзлых грунтов и обоснования выбора для этой цели многоканальных спутниковых СВЧ радиометров.

Второй раздел посвящен разработке метода оценки изменчивости состояния мерзлых грунтов Арктики и усовершенствованной теоретической

модели собственного СВЧ излучения многослойной среды «грунт-снег-атмосфера» для территорий Арктики с учетом влияния макрорельефа поверхности суши, построенной на базе модели ГГО им. А.И. Воейкова.

В третьем разделе представлено разработанное автором на основе теоретической модели программно-алгоритмическое и методическое обеспечение оценки изменчивости мерзлых грунтов, а также результаты его валидации на северо-востоке Европейской территории России, севере Западной Сибири и северо-востоке Восточной Сибири.

В четвертом разделе определяются географические границы применимости метода без дополнительной валидации, приводятся результаты апробации метода на территории п-ова Ямал, а в заключении приводятся основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, и выводы.

### **Новизна исследований и полученных результатов диссертационной работы**

1. В отличие от существующих методов оценки изменчивости состояния мерзлых грунтов по спутниковым СВЧ радиометрическим данным, разработанный метод позволяет восстанавливать значения термодинамической температуры грунтов с учетом зависимости диэлектрических свойств многослойной среды «грунт-снег-атмосфера» от предыдущих ее состояний;

2. Теоретическая модель собственного СВЧ излучения многослойной среды разработана с использованием нового векторно-координатного подхода к учету особенностей макрорельефа земной поверхности;

3. Впервые создана и использована для целей мониторинга мерзлых грунтов Арктики методика идентификации ландшафтов по спутниковым СВЧ радиометрическим данным, позволяющая добиться высокой точности идентификации на основе набора из четырех параметров временной изменчивости СВЧ излучения.

## **Обоснованность научных положений, достоверность полученных результатов и выводов**

Обоснованность научных положений, достоверность полученных результатов и выводов определяется применением в ходе исследования современных технологий обработки информации и корректным использованием научных методов, подтверждается приведенными результатами валидации разработанной модели и программно-алгоритмического обеспечения для анализа состояния мерзлых грунтов на территориях Европейской территории России, Западной и Восточной Сибири.

## **Значимость полученных результатов для науки и практики**

Разработанный метод оценки изменчивости состояния мерзлых грунтов по спутниковым СВЧ радиометрическим данным позволяет повысить точность восстановления значений температуры поверхностного слоя грунтов по СВЧ радиометрическим данным по отношению к существующим методам на основе регрессионных моделей, что обеспечивает расширение возможностей использования спутниковой СВЧ радиометрии для решения задач мониторинга природных сред в Арктике.

По результатам анализа СВЧ данных в работе даны рекомендации по выбору районов, пригодных для внешней калибровки СВЧ радиометрического оборудования, предназначенные для организаций-операторов спутниковой съемки (ФГБУ «НИЦ «Планета» и др.).

Полученные результаты идентификации ландшафтов по спутниковым СВЧ радиометрическим данным могут быть использованы при создании и усовершенствовании моделей радиоизлучения системы «Земля-атмосфера». Практическую и теоретическую значимость имеет и подход к использованию методики СВЧ идентификации ландшафтов для определения границ применимости разрабатываемых методов оценки состояния и изменчивости природных сред в Арктике по СВЧ данным.

Результаты диссертационного исследования использованы в ходе выполнения работ по Государственному контракту №14.578.21.0090, могут быть рекомендованы к внедрению в практику оперативного мониторинга природных сред в Арктике, осуществляемого территориальными управлениями по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ, а также рядом академических и отраслевых организаций и институтов.

**Основными результатами диссертационной работы являются следующие:**

1. Метод оценки изменчивости состояния мерзлых грунтов Арктики по спутниковым СВЧ радиометрическим данным на основе трех индикаторов динамики состояния, учитывающий зависимость диэлектрических свойств слоев среды «грунт-снег-атмосфера» от предыдущих ее состояний.

2. Теоретическая модель собственного СВЧ излучения многослойной среды «грунт-снег-атмосфера», описывающая излучательные свойства с учетом макрорельефа поверхности суши.

3. Программно-алгоритмическое и методическое обеспечение для мониторинга мерзлых грунтов спутниковым СВЧ радиометрическим методом, в том числе методика предварительного анализа данных спутниковой СВЧ радиометрии с использованием картосхем пространственно-временной изменчивости радиоярких температур.

4. Методика автоматизированной идентификации ландшафтов по многолетним рядам спутниковых СВЧ радиометрических данных.

Кроме того, были получены следующие результаты:

5. Предложен векторно-координатный подход к определению геометрии визирования при учете влияния макрорельефа поверхности суши на ее СВЧ излучательные свойства;

6. Выбрана спутниковая аппаратура, по своим характеристикам наиболее подходящая в качестве средства для получения оперативных СВЧ радиометрических данных в целях мониторинга мерзлых грунтов;

7. С помощью методики идентификации ландшафтов по данным спутниковой СВЧ радиометрии определены пространственные границы области в пределах евразийского сектора Арктики, в которой разработанный метод оценки изменчивости состояния мерзлых грунтов может быть использован без дополнительной валидации;

8. Исследована внутригодовая и межгодовая изменчивость состояния грунтов на севере Западной Сибири. По имеющимся СВЧ радиометрическим данным на временном интервале 2003-2010 гг. не выявлено значимых трендов изменения температуры мерзлых грунтов, но обнаружена слабо выраженная тенденция к более раннему началу весенних процессов оттаивания грунтов.

### **Замечания по работе**

Соглашаясь с теоретическими и практическими результатами, полученными автором, считаю необходимым привести ряд замечаний к работе.

1. Имеются замечания к названиям разделов. Например, в разделе 4, присутствует подраздел 4.1.1, озаглавленный «Введение», наряду с разделом «Введение», заглавие п.2.1 «Исходные данные» выглядит не совсем удачным на фоне заглавий п.2.2 «Выбор тестовых полигонных участков...», п.2.3 «Выбор индикаторов изменчивости состояния мерзлых грунтов...».

2. Надписи на некоторых рисунках нечитабельны из-за малого размера шрифта.

3. Оформление легенд некоторых составленных автором картосхем не соответствует общепринятому в картографии.

4. В работе ничего не сказано о программных средствах, использованных автором для создания ряда промежуточных материалов и итоговых картографических продуктов – например, о геоинформационных системах.

5. Недостаточно сказано о причинах выбора конкретных проекций для представления геопространственной информации.

6. Не совсем очевиден выбор опорных картографических материалов для сопоставления с ними результатов идентификации ландшафтов по спутниковым СВЧ радиометрическим данным. В анализ не включен ряд современных карт ландшафтоведения.

7. Не приведены конкретные данные о толщине скин-слоя излучающей среды на используемых частотах зондирования.

8. Неясно, по какой причине среди статистических моделей, описывающих связь между радиояркостной и термодинамической температурой грунта, рассматриваются только линейные.

9. Практически не затронут вопрос периодичности наблюдений.

10. Физическая интерпретация значений количественных показателей изменчивости состояния грунтов, полученных в ходе апробации разработанного метода, недостаточно развернута.

Отмеченные недостатки не ставят под сомнение основные результаты работы и не снижают ценности диссертационного исследования, а скорее имеют характер рекомендаций для дальнейшей научно-исследовательской деятельности автора работы.

### **Заключение по диссертации**

Диссертационная работа И.В. Мателенка написана технически грамотно, использованы общепринятые научные термины, материал излагается в логически обоснованной последовательности с соблюдением требований, предъявляемым к изложению и оформлению диссертационных работ.

В целом, оценивая работу, можно отметить, что она является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новые научные и практические результаты.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Основные результаты работы опубликованы в 16 печатных работах, из них в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, опубликованы 2, 2 находятся в печати; еще 1 работа в издании из перечня ВАК принята к публикации.

Диссертация соответствует специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» и другим требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор диссертационной работы Мателенок Игорь Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Официальный оппонент

Доцент кафедры «Информационные системы и технологии»

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова»,

кандидат технических наук Шубина Марина Александровна

*lllllll*

«17» марта 2015 года

Подпись Шубиной Марины Александровны

Удостоверяю

Начальник отдела кадров

Подпись \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_



Удостоверяю личную подпись

Ф.И.О. *Шубина М.А.*  
Управление по кадрам  
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский  
государственный лесотехнический  
университет имени С. М. Кирова»

удостоверяет

*lllllll*  
" 17 " 03 2015 г.

ГЛАВ	Документ зарегистрирован
	23.03.2015
	Входящий № 72-440/15
	Документовед ОДОУ Кузиева Ч.Д.

20

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова», 194021 Россия, Санкт-Петербург, Институтский пер. 5  
тел. 550-08-35, 550-06-90 e-mail: ftacademy@home.ru