

# Перспективы развития систем обработки спутниковых изображений для принятия управленческих решений

В.И. Гололобов<sup>1</sup>, А.В. Ляпидевский<sup>1</sup>, А.С. Дроздов<sup>1</sup>, А.В. Захаров<sup>1</sup>, В.П. Филиппов<sup>1</sup>, В.А. Жмудь<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ОАО «Новосибирский институт программных систем» (Новосибирск)  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет (Новосибирск)

**Аннотация:** В статье обсуждается перспектива развития программной части программно-аппаратного средства сбора и обработки спутниковых фотографий «АКТОМИКА». Описаны конкретные предложения по развитию этой тематики, приведены аргументы в пользу целесообразности этих работ. Задача относится к областям Информационно-телекоммуникационных систем и технологий информационных, управляющих и навигационных систем

**Ключевые слова:** Автоматика, управление, распознавание, датчики, системы сбора данных, дистанционное управление

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Комплекс «АКТОМИКА» разработан коллективом нескольких предприятий. ОАО «Новосибирский институт программных систем» разрабатывал программную часть для этого комплекса по заданию генерального разработчика аппаратной части, ОАО «НИИ Телевидения» (С.-Петербург). Этот комплекс предназначен для приема и тематической обработки информации от метеорологических спутников при совместной работе с мобильным или стационарным оборудованием.

Указанный комплекс является значимым достижением отечественной космической техники. Эта система вошла в пятерку лучших достижений России в космосе по версии сайта «Русфакт.Ру» в 2013 г. [1]. В настоящее время плановая часть базового этапа выполнена, дальнейшая работа не финансируется и поэтому не выполняется.

Основное назначение комплекса: оперативный локальный метеорологический прогноз.

Программное обеспечение используется как на мобильных станциях, так и на станциях наземного базирования. Получение данных для оперативного метеопрогноза крайне важно для эффективного действия тех, чья профессия

связана с работой на открытом воздухе: с сельским хозяйством, добычей или разведкой полезных ископаемых, водным, воздушным и наземным транспортом и так далее.

Прогноз осуществляется на основании анализа формы, размеров и типов облаков, а также динамики развития процессов в атмосфере.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Основные действия, которые могут быть осуществлены с помощью программы:

1. Связь со спутником: запрос данных, получение данных в виде «сырых» фотографий (черно-белых фотографий в различных диапазонах оптических частот в соответствии с возможностями и режимом работы аппаратных средств на спутниках). В настоящее время программно-аппаратное средство позволяет связываться со всеми видами спутников всех государств, однако, их номенклатура постоянно растёт.
2. Отображение полученных «сырых» снимков для оператора и предоставление оператору возможности выбора интересующего участка снимка, который необходимо отправить на дальнейшую обработку.
3. Обработка выбранных фрагментов изображений с целью извлечения метеорологической информации. При этом распознаются и увязываются по координатам несколько снимков от разных кадров одной и той же территории.
4. Предоставление оператору возможности рассматривать изображения, получаемые в результате обработки, а также сохранение результатов в архив.
5. Имитация режима работы аппаратной части, а также имитация сеансов связи со спутниками.

Прежде всего, обработка сырых снимком позволяет получить такие изображения, по которым более наглядно можно определять такие характеристики, как тип облаков, водозапас, температура на заданной высоте и так далее.

Тип облаков определяет возможное будущее развитие атмосферных агентов в исследуемом регионе.

Определение поверхностей облечения также дает важнейшие сведения для прогноза.

Другой важный индикатор картины – это вегетационный индекс. Он используется для оценки возможности засухи в регионе, для оценки перспектив развития вегетативного покрытия и для других целей.

Кроме того, в результате анализа космических снимков методом цифровой обработки данных программные средства позволяют отличить зоны различных вегетативных покрытий. Программа помечает различными цветами зоны лесов, полей, заливных лугов, степей, лесостепи, болот и так далее.

Распознавание типа облаков позволяет выявлять грозовые облачные системы. Кучево-дождевые облака также могут быть распознаны. Распознавание точного типа и формы облаков позволяет предсказывать, перерастут ли они в штормовые облака, или нет.

В частности, вся указанная метеорологическая картографическая информация необходима для прокладывания маршрутов экспедиций, проектирования дорог, для принятия решений о возможных областях высадки.

Другое дополнительное преимущество обработки изображений описываемой системой – привязка обрабатываемых изображений к географической области, тогда как первоначальные изображения привязаны по координатам не к земной поверхности, а к конкретному спутнику.

Поэтому исходный набор спутниковых изображений содержит историю движения спутников по околоземной орбите, тогда как обработанное множество изображений региона связано с историей развития облаков во времени над выбранной областью земной поверхности. Каждый спутник фотографирует регион под ним, и эта область постоянно изменяется во времени. Следовательно, комплекс «АКТОМИКА» вынужден брать информацию от разных спутников, и программное обеспечение этого комплекса должно преобразовывать эту информацию в универсальную форму, которая инвариантна к источнику информации и связана с заданной частью поверхности Земли.

Программное обеспечение использует

географические координаты, к которым необходим переход. Пространство фотографии изменяется от снимка к снимку, но область выделенного фрагмента остается постоянной, пока вся она содержится в снимке от данного спутника. Когда данный спутник покинет данную область, комплекс будет использовать информацию от следующего спутника. Поэтому графическая история области будет непрерывной. При этом следует учитывать, что от различных спутников информация поступает под разным углом, в различных форматах кодирования, иногда и с различной степенью подробности.

Программа также используется в навигации для определения границ льда в реках, морях и океанах. Это позволяет прокладывать курс ледоколам и грузовым судам.

В штатном режиме программная часть комплекса «АКТОМИКА» работает совместно с аппаратной частью, которая осуществляет прием данных от метеорологических спутников. Аппаратура обеспечивает прием закодированных черно-белых фотографий, от всех спутников, которые доступны для связи по признакам устойчивости связи. Программная часть обеспечивает декодирование этой информации во всех используемых вариантах форматов ее кодирования, а также вторичную обработку графической информации.

Получение первичных данных может происходить от различных источников, в ручном и автоматическом режимах.

Вторичная обработка – это инструментарий для выделения метеорологической информации из исходных фотографий. Комплекс «АКТОМИКА» обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Автоматический прием информации со спутников NOAA, FENG YUN 1, METEOP M1, METEOSAT в форматах HRPT, CHRPT, ART, WEFAX в соответствии с заданными настройками приема.
2. Автоматическая и автоматизированная тематическая обработка информации, полученной с космических аппаратов и других источников исходной информации.
3. Автоматическая передача исходной и обработанной информации в центр хранения и обработки метеорологической информации через сеть ИНТЕРНЕТ в соответствии с заданными настройками передачи.
4. Получение исходной информации из центра хранения и обработки метеорологической информации через сеть ИНТЕРНЕТ для ее последующей

обработки и использования оператором-метеорологом;

5. Визуализация и печать исходной и обработанной информации для обеспечения работы оператора-метеоролога.

### **3. РАЗЛИЧНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ**

#### **3.1. Автоматический режим**

Автоматический режим выполняется на оборудовании, разработанном в ОАО «НИИТ» [2]. Аппаратная часть позволяет принимать цифровой сигнал от следующих видов спутников:

1. Семейство “NOAA”. Формат данных HRPT.
2. Семейство “FengYun”. Формат данных CHRPT.
3. Российские спутники “Метеор М1”. Формат данных HRPT.

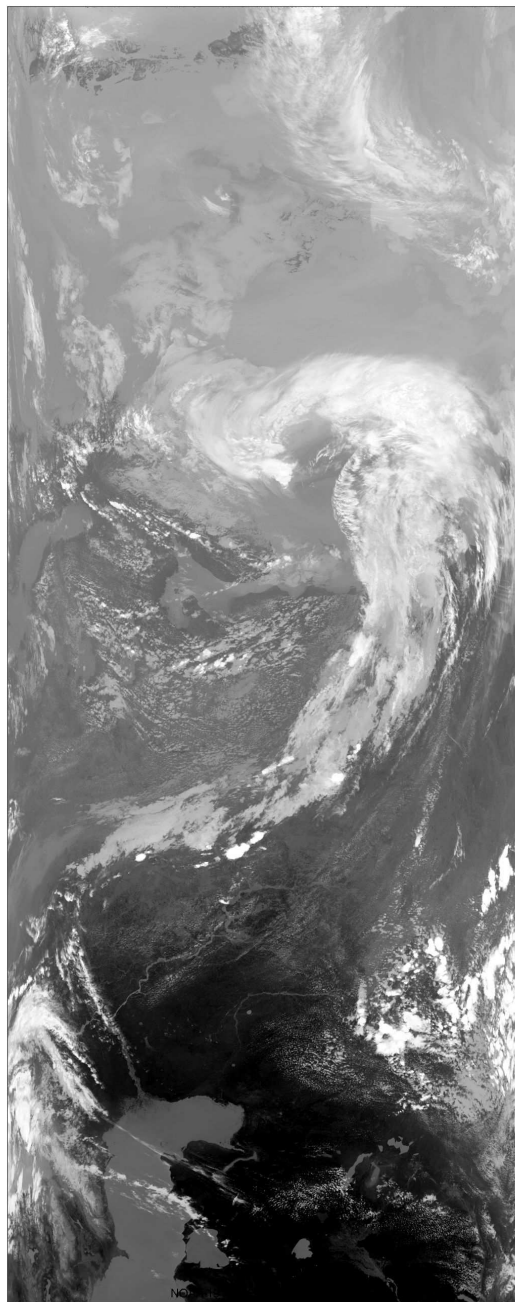
На *Рис.1* показан характерный вид исходного изображения, получаемого от спутника. На *Рис.2* показан результат первого этапа вторичной обработки, состоящего в вырезке интересующего фрагмента и привязке полученного изображения к географической сетке координат.

Автоматический режим всегда включен. При добавлении снимка (файла полученного с оборудования приема) система начинает обработку. Обработку условно можно разделить на два этапа.

**Первый этап** – построение вертикальных профилей Влажности температуры и температуры точки росы. Для построения вертикальных профилей система автоматически осуществляет поиск на различных серверах вспомогательных данных, в случае если такие данные находятся, скачивает их, если нет, то использует самые актуальные из уже имеющихся. Расчет производится по все площади снимка.

**Второй этап** – анализ облачности. На втором этапе система производит расчет всех остальных метеорологических параметров указанных выше. Для ускорения анализа и удобства работы оператора, расчет производится не по всему снимку, а по заранее заданным областям. Таким образом, легко анализировать одну и ту же географическую область с различных спутников. Количество обрабатываемых областей может быть произвольным, если область находится вне снимка, система об этом сообщит, и в этом случае обработка снимка в данной области производиться не будет.

Радационная температура  
NOAA 19, виток 2203, нисходящая орбита: 15.07.2009 09:36 GMT  
Канал 4, масштаб зкм. 100%



*Рис. 1.* Спутниковая фотография

Комплекс «АКТОМИКА» непрерывно усовершенствуется. Несмотря на это, автоматический режим не может дать абсолютно точный анализ. Автоматический режим хорошо применим к критическим ситуациям, таким как определение грозных, дождевых облаков. В данных случаях анализ производится очень оперативно и с большой достоверностью.

Для более детального анализа предусмотрен ручной режим обработки.

Радиационная температура

NOAA 19; виток 2203; восходящая орбита; 15.07.2009 09:43 GMT  
Канал 4; фрагмент Мурманск; масштаб 1км, 100%

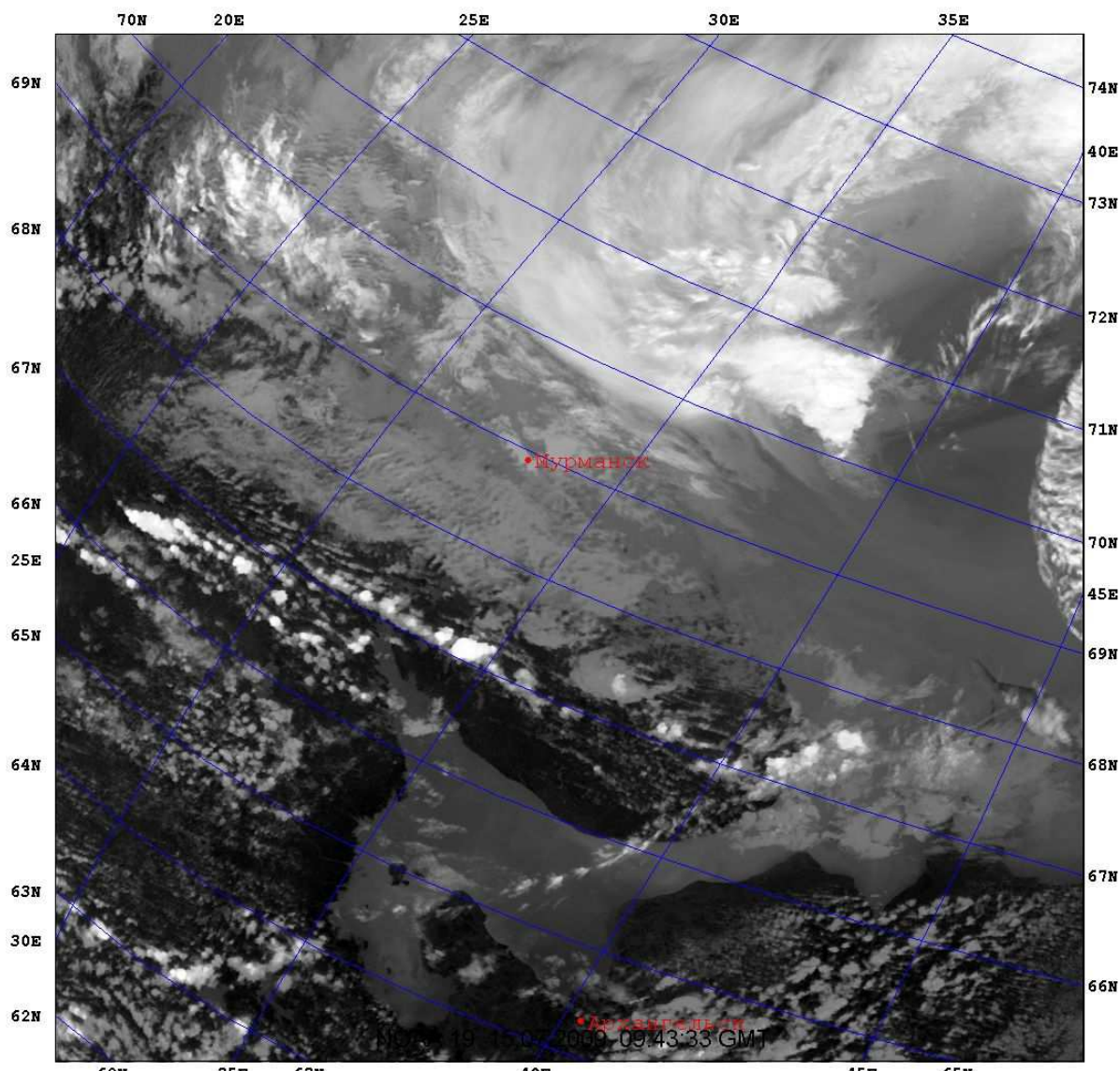


Рис. 2. Фрагмент полученной фотографии для дальнейшей обработки с встроенной координатной сеткой

### 3.2. Ручной режим

Для ручного режима имеется возможность использования ранее приготовленных файлов, которые были получены от различных видов оборудования. Файлы могут быть добавлены вручную. Оператор может выбрать конкретный файл для обработки, может сохранить его в специальной директории и программный комплекс «АКТОМИКА» сам определит файлы, которые еще не обработаны, и обработает их.

В ручном режиме можно повторить или уточнить уже проведенный автоматический анализ в любой выбранной области. Для ручного анализа применяется механизм

кластеризации. Этот механизм представляет собой метод разбиения снимка на области схожие по своим параметрам. Далее оператор может указать для конкретной области, чем она является, опираясь на дополнительную информацию (высота, температура, псевдоцветное изображение, форма облачности). После этого будет произведен анализ с уже уточненными данными.

После проведения ручного анализа, полученная информация является более точной, в некоторых случаях могут быть рассчитаны те параметры, которые в автоматическом режиме рассчитаны не были.

Основной целью программы является

распознавание различных типов подстилающих поверхностей и получение гидрометеорологических параметров облачности по спутниковым данным. Для использования в оперативной практике синоптика имеются широкие возможности визуального анализа принятой информации: определение направления смещения облачных систем (фронтов, вихрей, отдельных облаков); отслеживание возникновения и развития мезомасштабных форм облачности (кучево-дождевых облаков, линий шквалов).

Имеется также возможность внесения корректирующих искажений для исправления искажений, возникающих от различных углов наблюдения. Это также позволяет затем стыковать различные фрагменты снимков в единую картину.

#### **4. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

С любым видом приемников комплекс анализирует принятую информацию и в случае, если данные некорректны, он восстанавливает поврежденные данные или добавляет отсутствующие данные, необходимые для обработки. Например, некоторые приемники не дают баллистической информации о спутниках, поскольку невозможно выполнить привязку береговой линии к фотографии. В случае отсутствия этих данных комплекс добавит их автоматически.

Для более удобного восприятия вторичной информации специалистами система использует псевдо раскрашивание. Поскольку человеческий глаз без отклонений цветового восприятия более легко воспринимает отличия различных цветов, чем различные градации уровней серого света, псевдо раскрашивание позволяет специалисту более эффективно различать распределение интересующих признаков по географическим координатам в исследуемом месте.

Комплекс вычисляет и предоставляет следующие метеорологические параметры [3–13]:

1. Конструирование профиля температур, влажности и точки росы в выбранной точке.
2. Альbedo поверхности.
3. Температура излучения.
4. Тип облаков.
5. Водозапас.
6. Толщина облаков.
7. Высота верхней границы облаков.
8. Температура границы облаков.
9. Индекс вегетации.
10. Температура поверхности.
11. Альbedo воды.

12. Обледенение под облаками.

Обработка может быть выполнена в ручном или автоматическом режиме.

*Рис. 3–23* показывают результаты обработки исходных изображений комплексом «АКТОМИКА». *Рис. 3* показывает поверхность региона в видимом свете в диапазоне от 0.62 до 0.67 мкм. *Рис. 4* – это поверхность той же области в диапазоне от 0.722 до 1.1 мкм. Фотография *рис. 5* – это поверхность того же региона, которая в дневное время сделана в видимом диапазоне от 1.58 до 1.64 мкм, а в ночное время она делается в инфракрасном диапазоне от 3.55 до 3.93 мкм. Фотография на *Рис. 6* – поверхность того же региона в дальнем инфракрасном диапазоне от 10.3 до 11.3 мкм. Фотография *Рис. 7* – поверхность того же региона в дальнем инфракрасном диапазоне от 11.5 до 12.5 мкм.

*Рис. 8* представляет разность между первым и вторым каналами. Это позволяет отличить твердую поверхность от поверхности воды. На этом рисунке береговая линия отчетливо различается. *Рис. 9* демонстрирует разность третьего и четвертого каналов. Это позволяет распознать опасные погодные условия и события, такие, как угроза шторма или грозы. Плотные облака в жидко-капельной фазе имеют разность между третьим и четвертым каналом с отрицательным знаком, вследствие сильного излучения в четвертом канале. Положительная разность, соответствующая облакам с кристаллической структурой верхней части и нижней и с высокой концентрацией переохлажденных капель в быстро генерируемых конвективных ячейках из-за высокой отражающей способности третьего канала. Это изображение очень информативно для метеорологов для определения дождевой продуктивности облаков.

*Рис. 10* демонстрирует разницу между третьим и четвертым каналами. Он также полезен для различия типа облаков. *Рис. 11* показывает разность четвертого и пятого каналов. *Рис. 12* демонстрирует GRB-изображение в псевдо (условной) расцветке (не следует путать с RGB-изображением, используемым на телевидении). *Рис. 13* показывает GRB-изображение в псевдо (условном) цвете карты под облаками. Это изображение используется для обнаружения обледенения. *Рис. 14* демонстрирует GRB-изображение в псевдо (условной) расцветке распределения температуры. Каждая температура представлена своим цветом. *Рис. 15* демонстрирует автоматическую кластеризацию относительных районов. *Рис. 16* представляет автоматическое определение типов облаков.

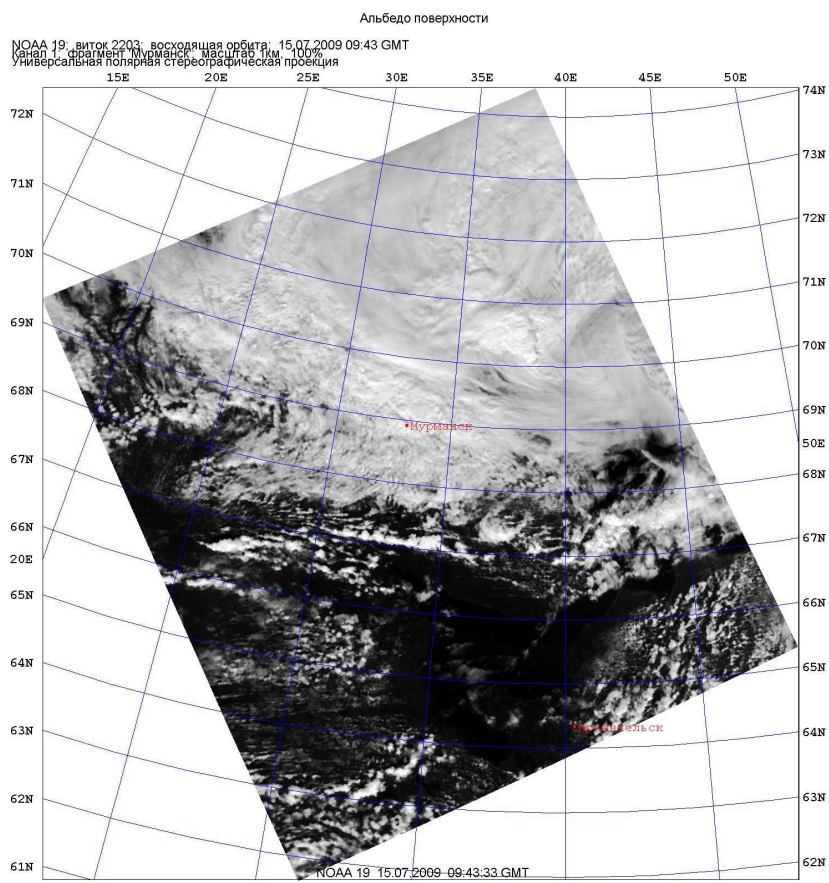


Рис. 3. Первый канал (Поверхность)  
2 канал (0,725 - 1,1 мк)

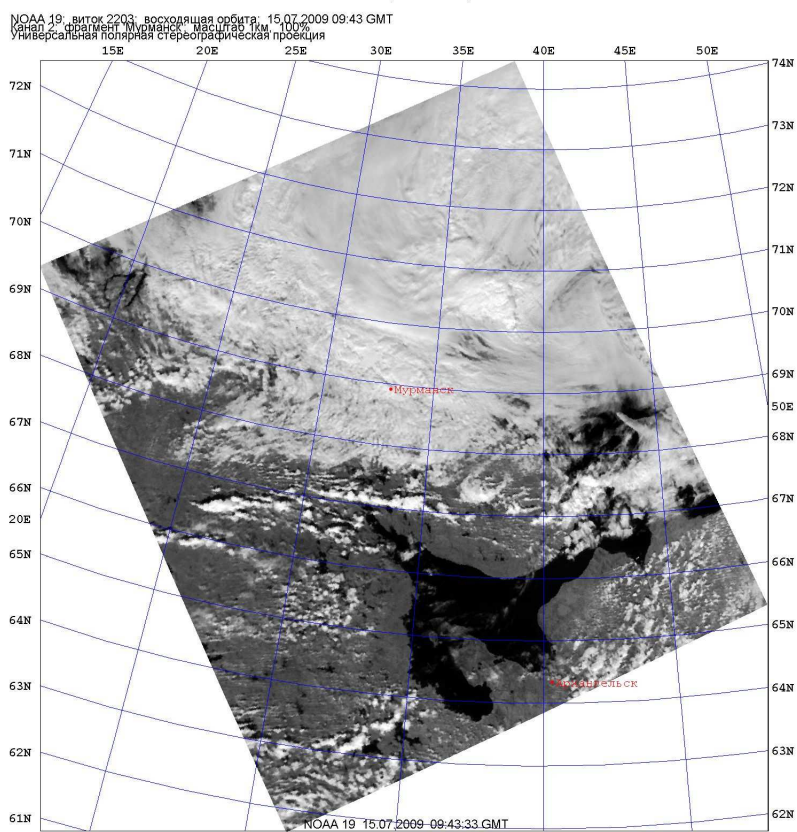


Рис. 4. Второй канал

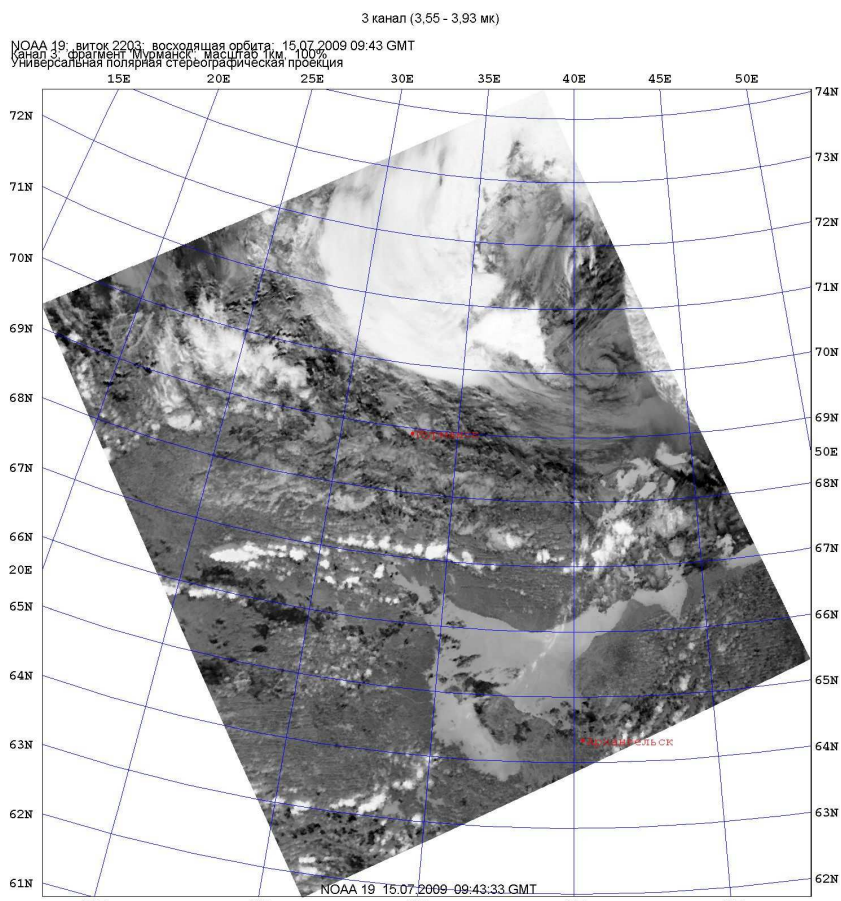


Рис. 5. Третий канал  
Радиационная температура

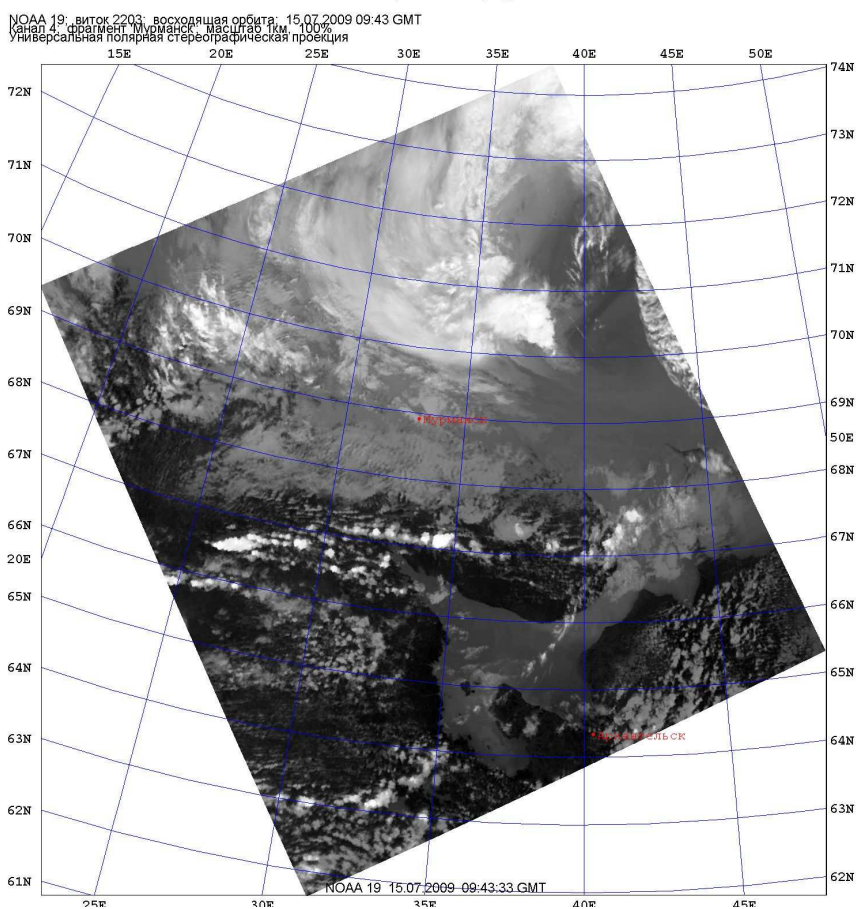


Рис. 6. Четвертый канал

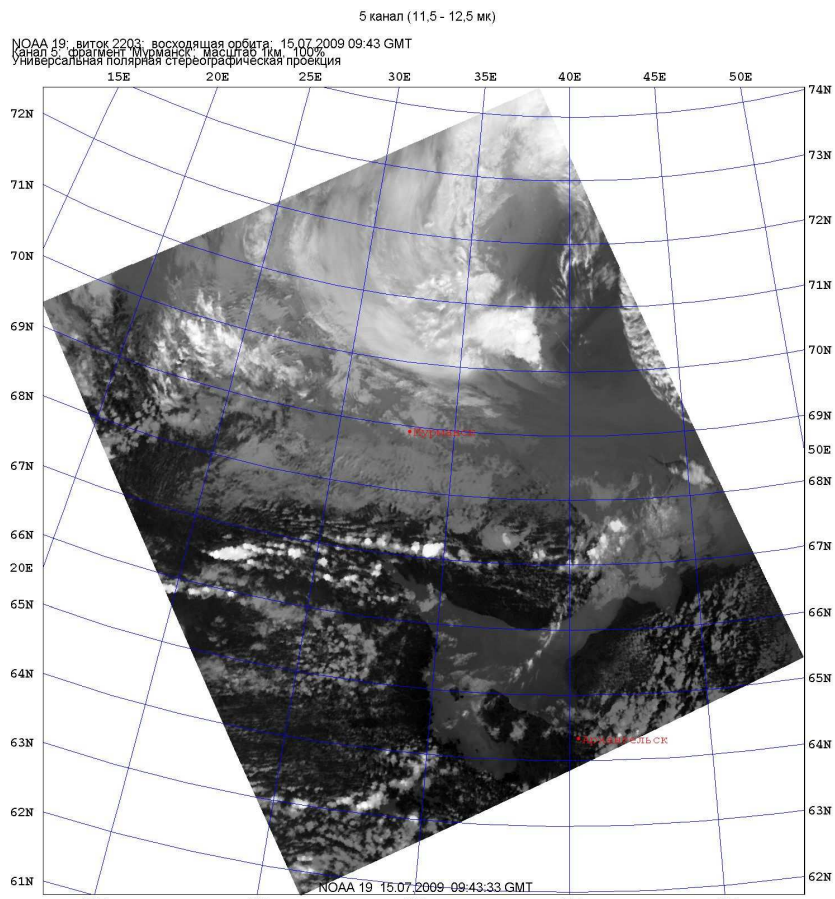


Рис. 7. Пятый канал  
Уточнение береговой линии

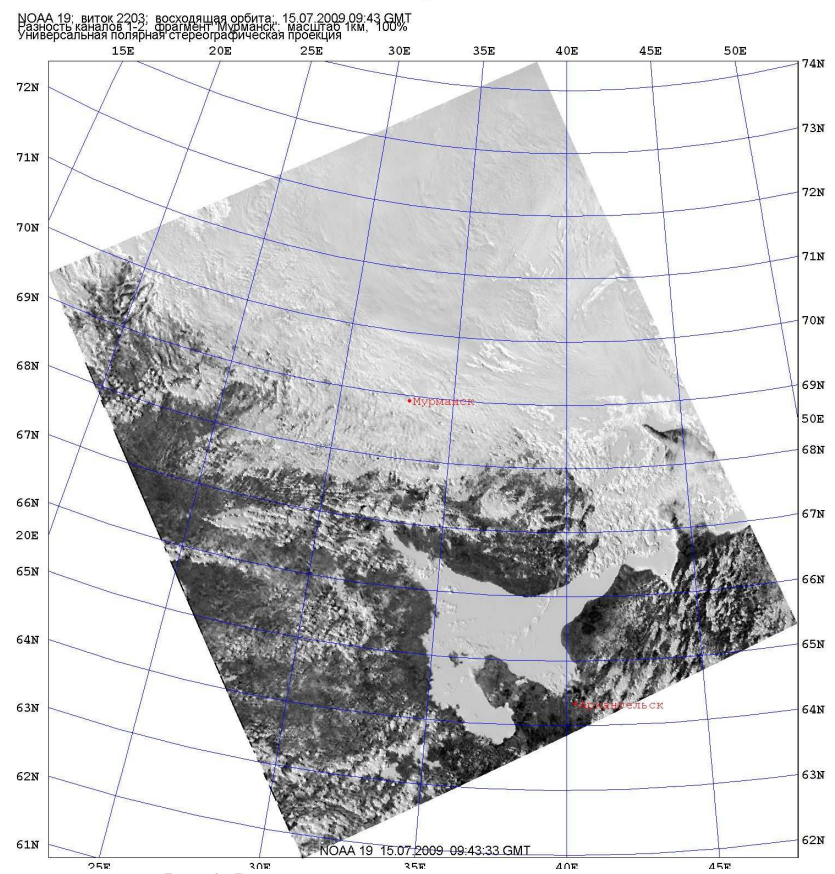


Рис. 8. Разность между первым и вторым каналами



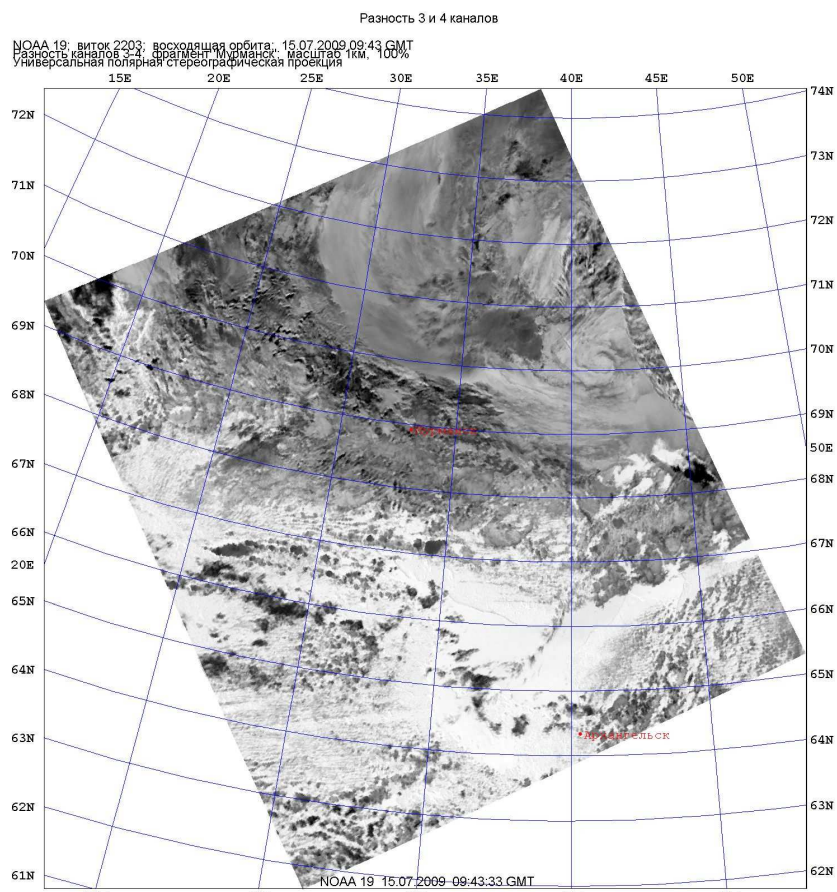


Рис. 9. Разность между третьим и четвертым каналами

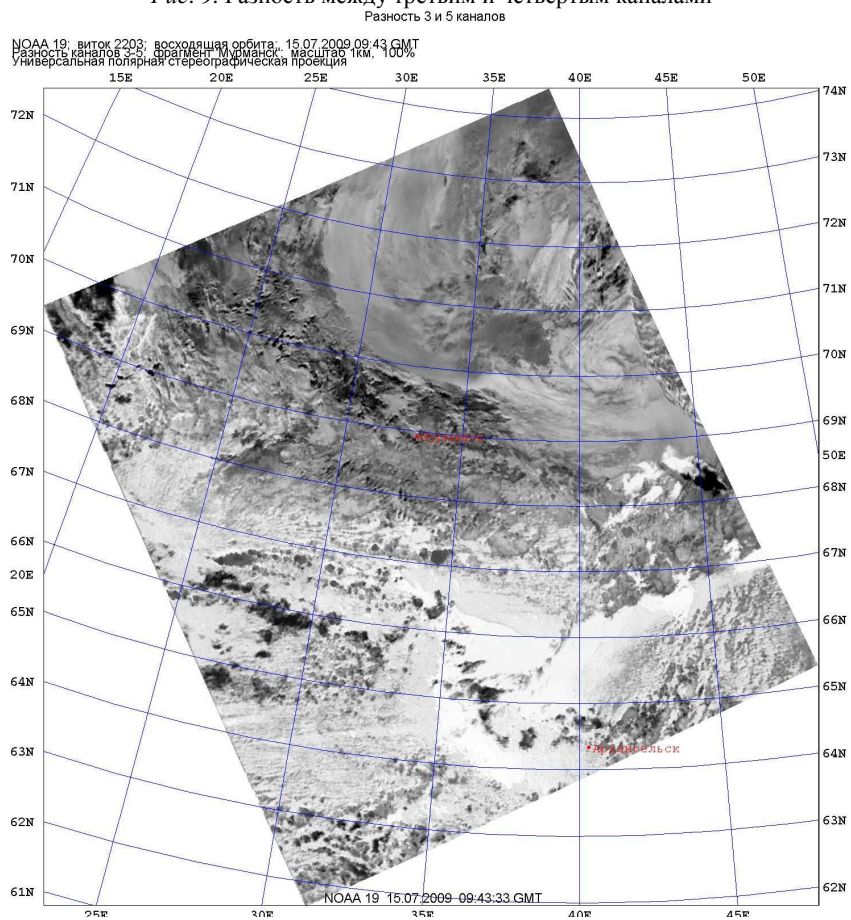
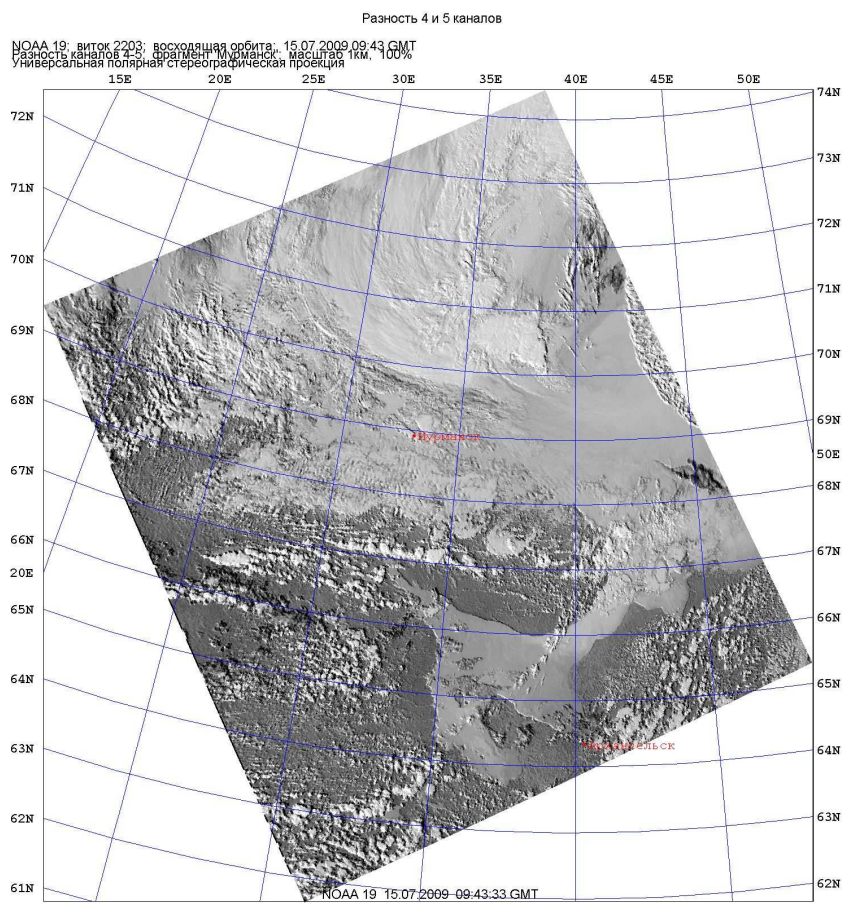
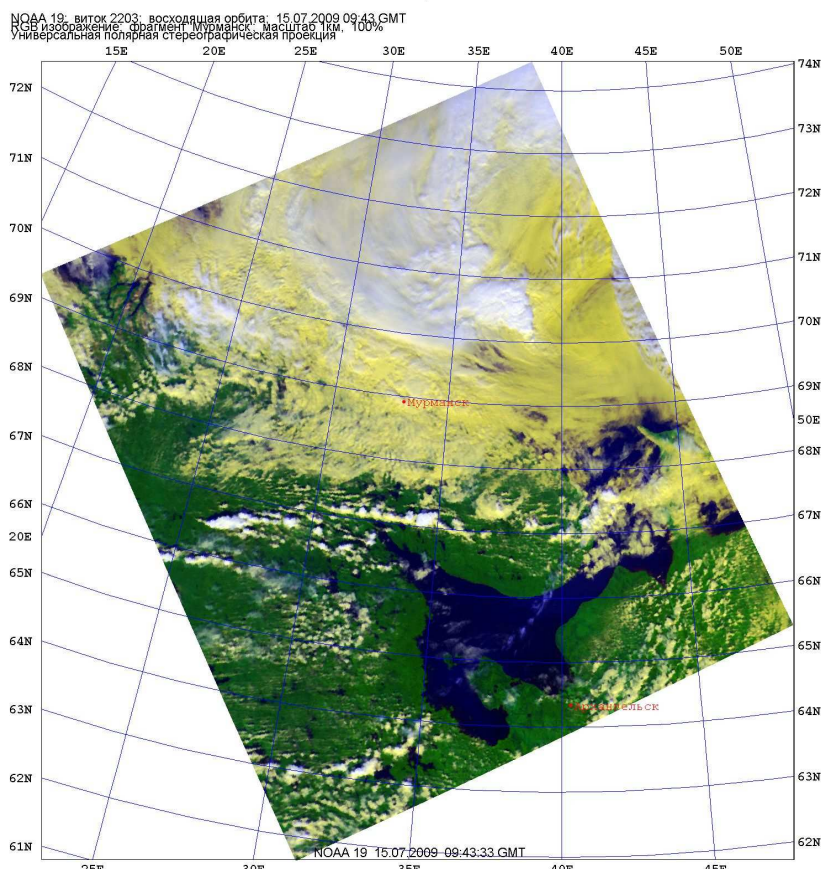


Рис. 10. Разность между третьим и пятым каналами



**Рис. 11.** Разность между четвертым и пятым каналами  
 RGB изображение



**Рис. 12.** GRB-изображение в псевдо раскраске

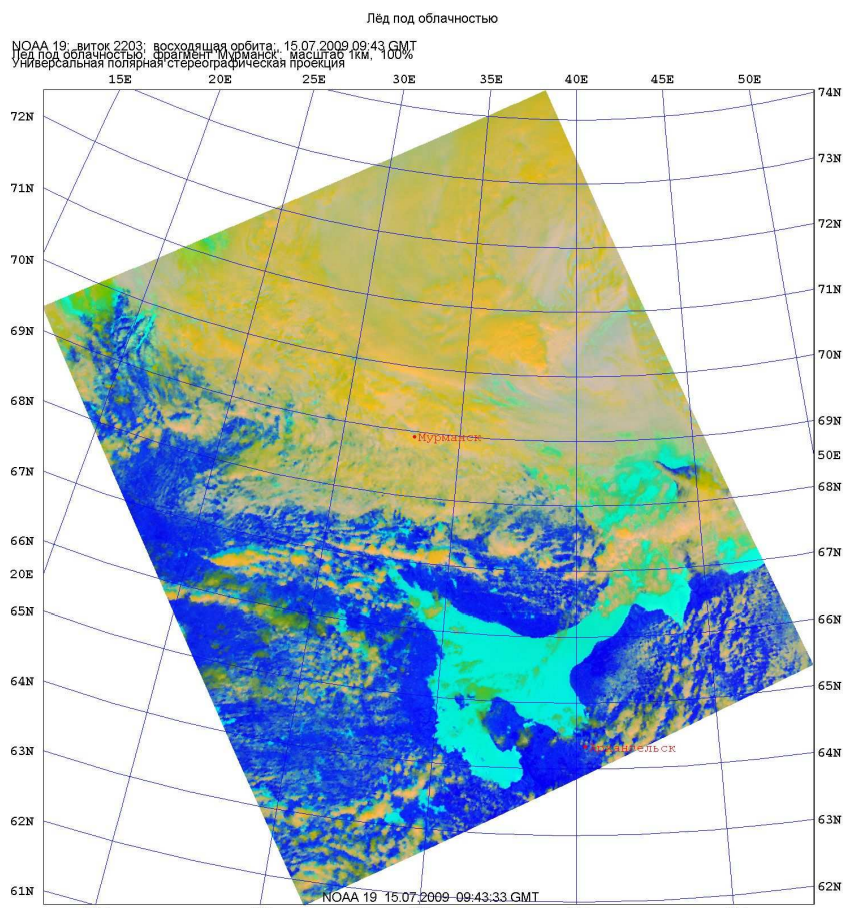


Рис. 13. GRB-изображение в псевдо расцветке обработанное изображение температуры под облаками

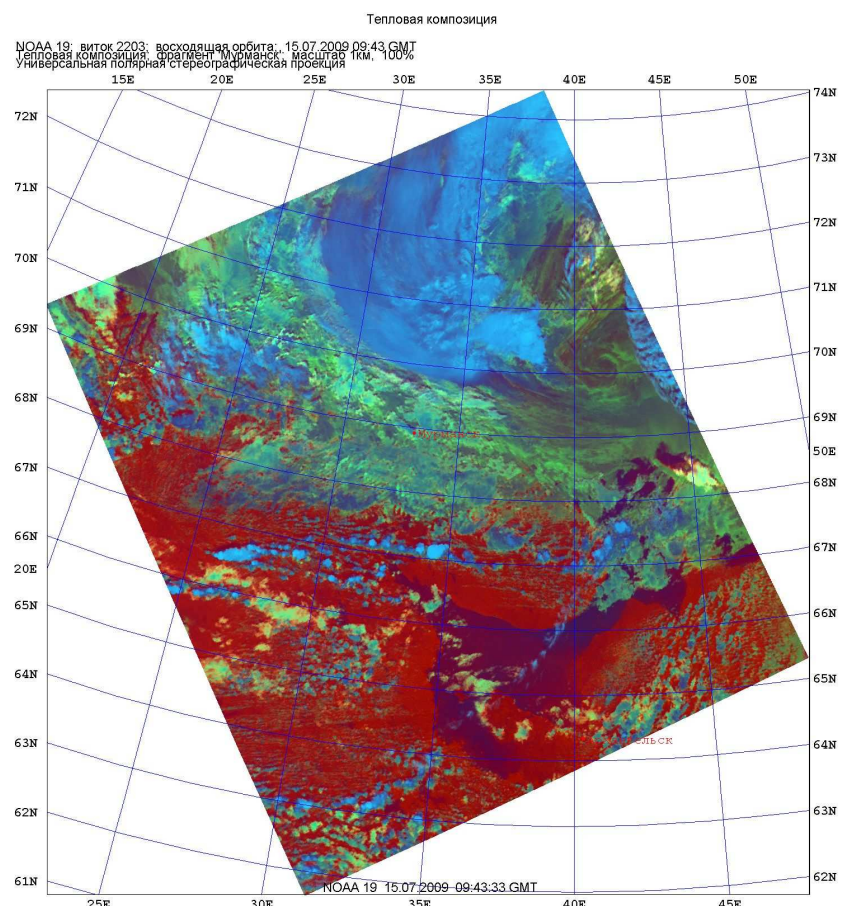
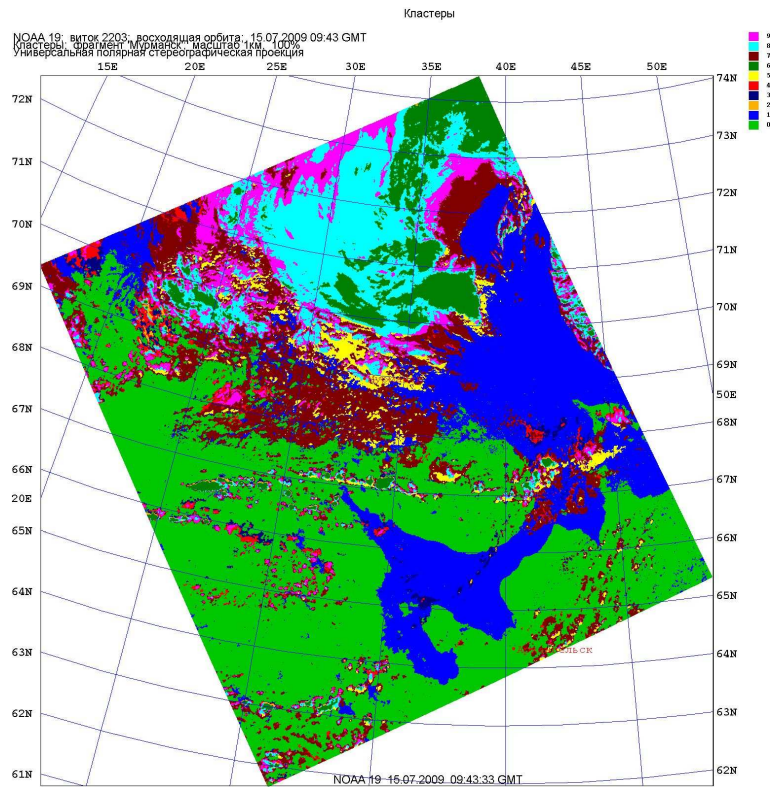
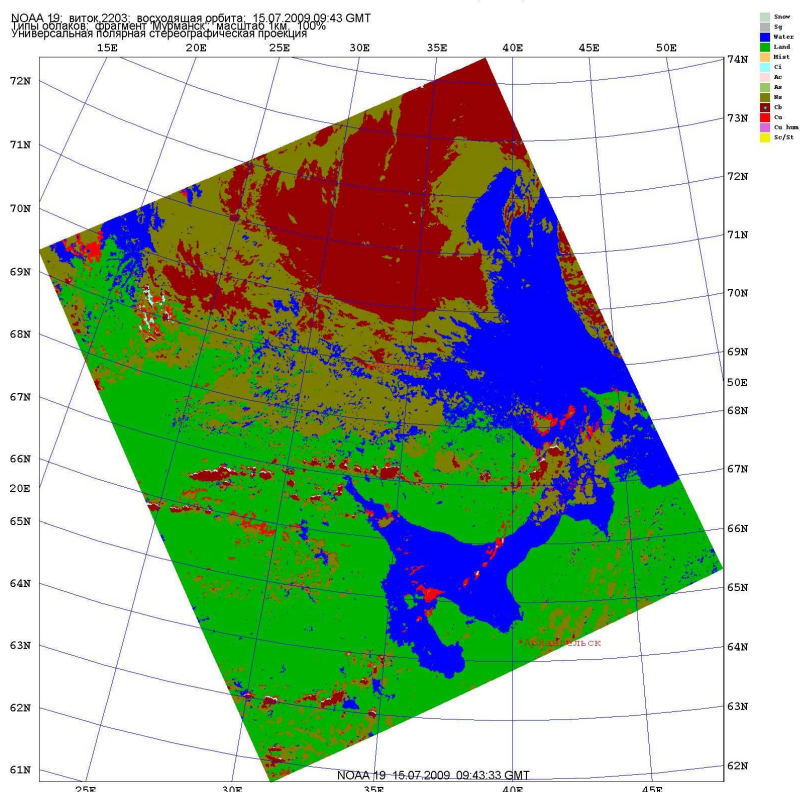


Рис. 14. GRB-изображение в псевдо цветах изображение распределения температуры



**Рис. 15.** Автоматическая кластеризация той же области  
 Типы облачности и подстилающей поверхности



**Рис. 16.** Автоматическое определение типа облаков

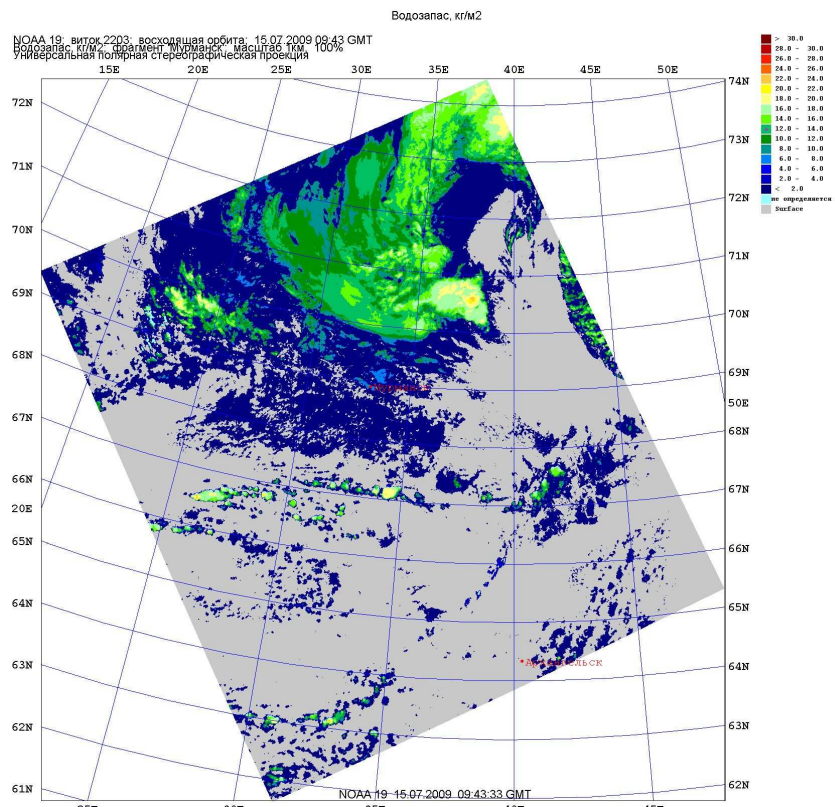


Рис. 17. Автоматическое определение запаса воды в облаках

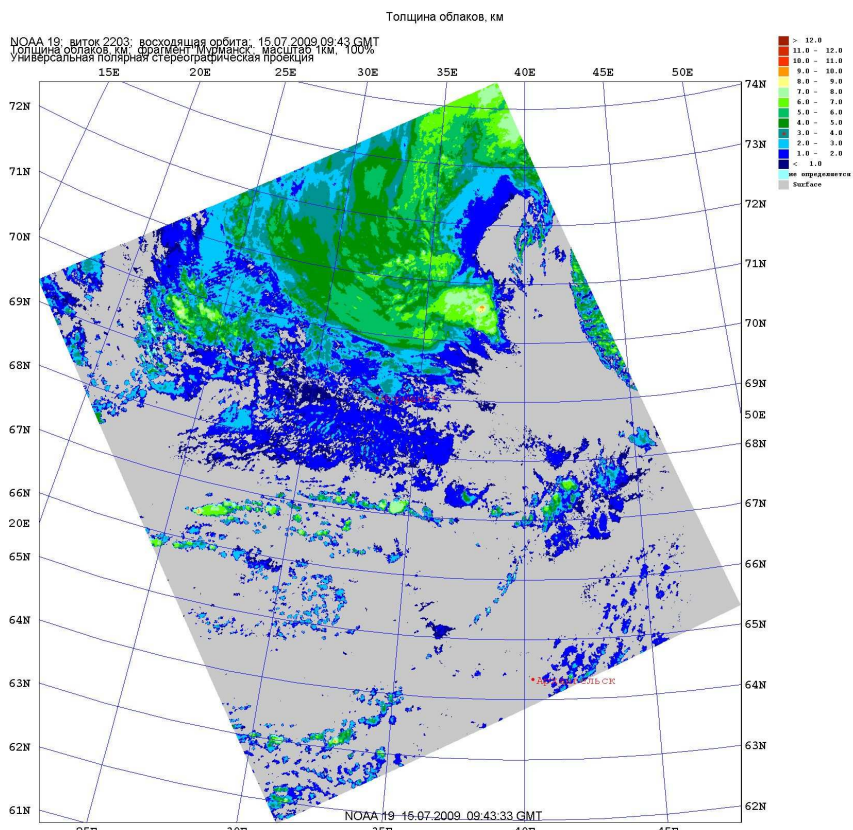


Рис. 18. Автоматическое определение толщины облаков

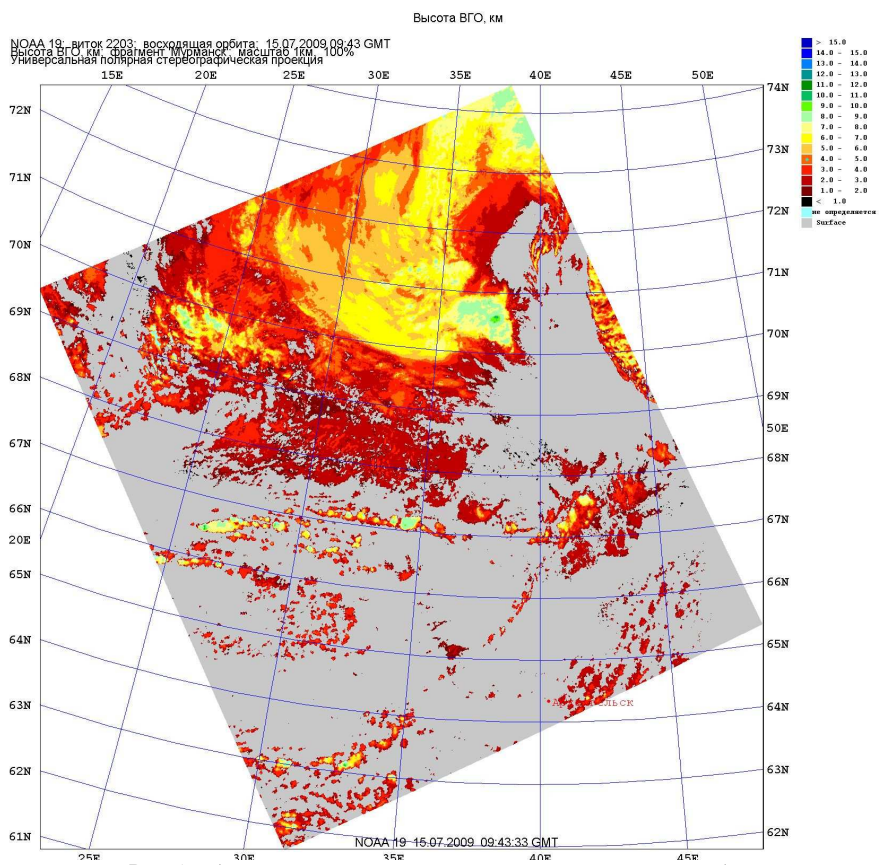


Рис. 19. Автоматическое определение верхней границы облаков

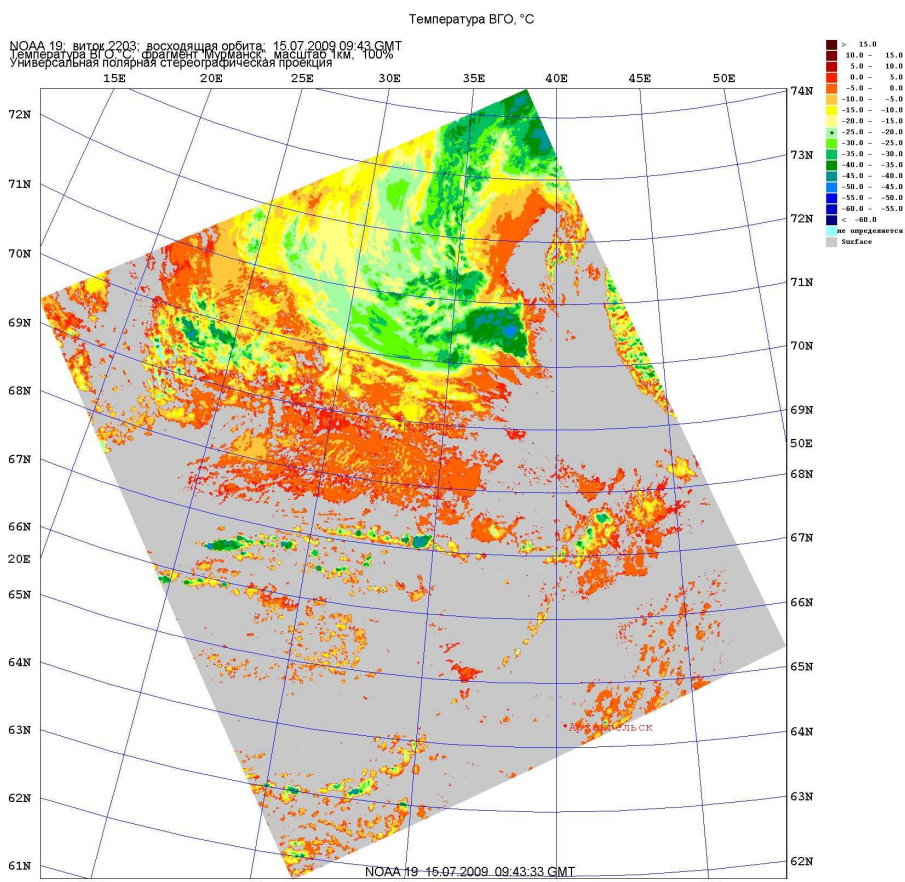


Рис. 20. Автоматическое определение температуры верхней границы облаков

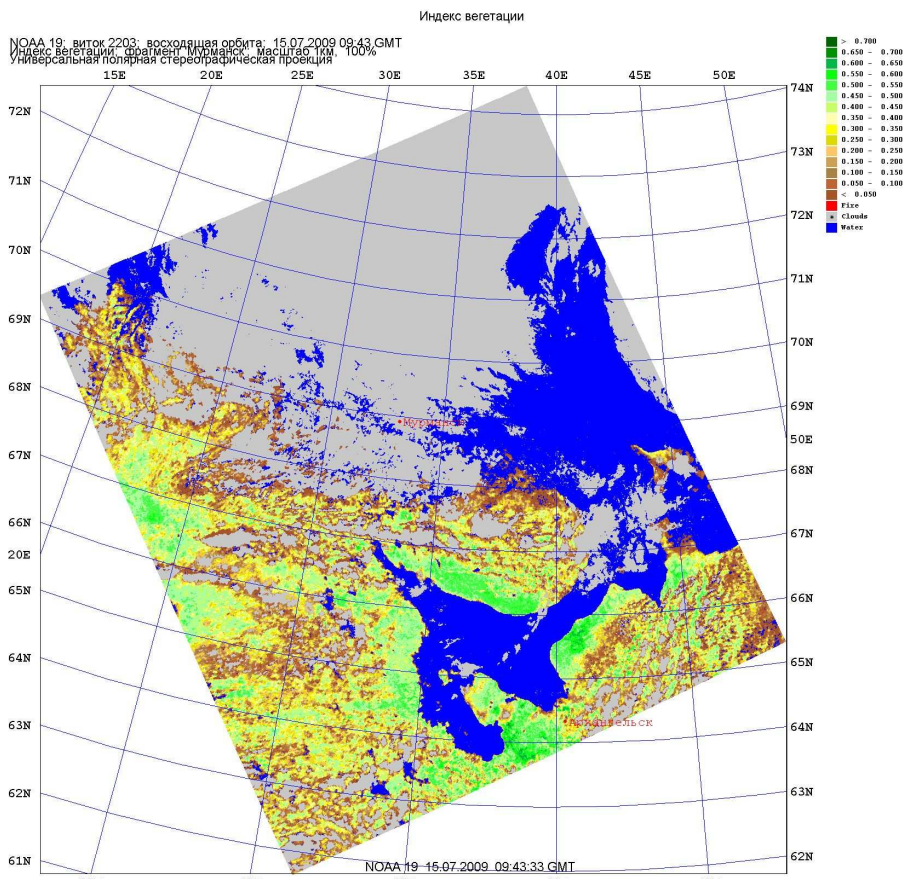


Рис. 21. Автоматическое определение температуры индекса вегетации

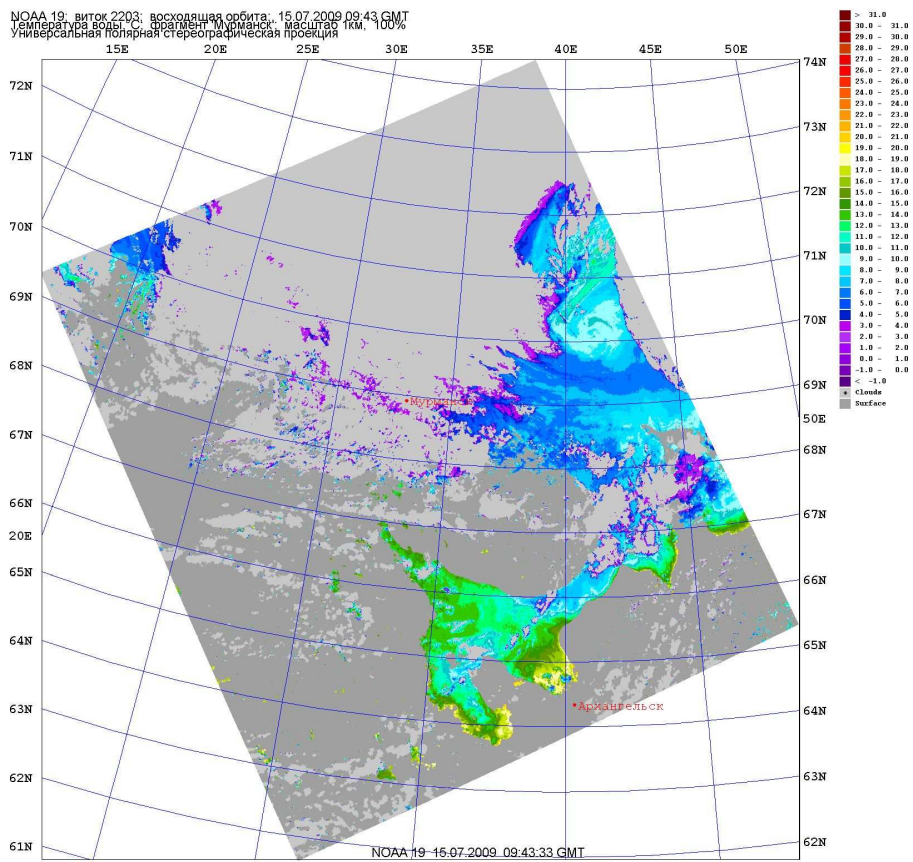


Рис. 22. Автоматическое определение температуры воды

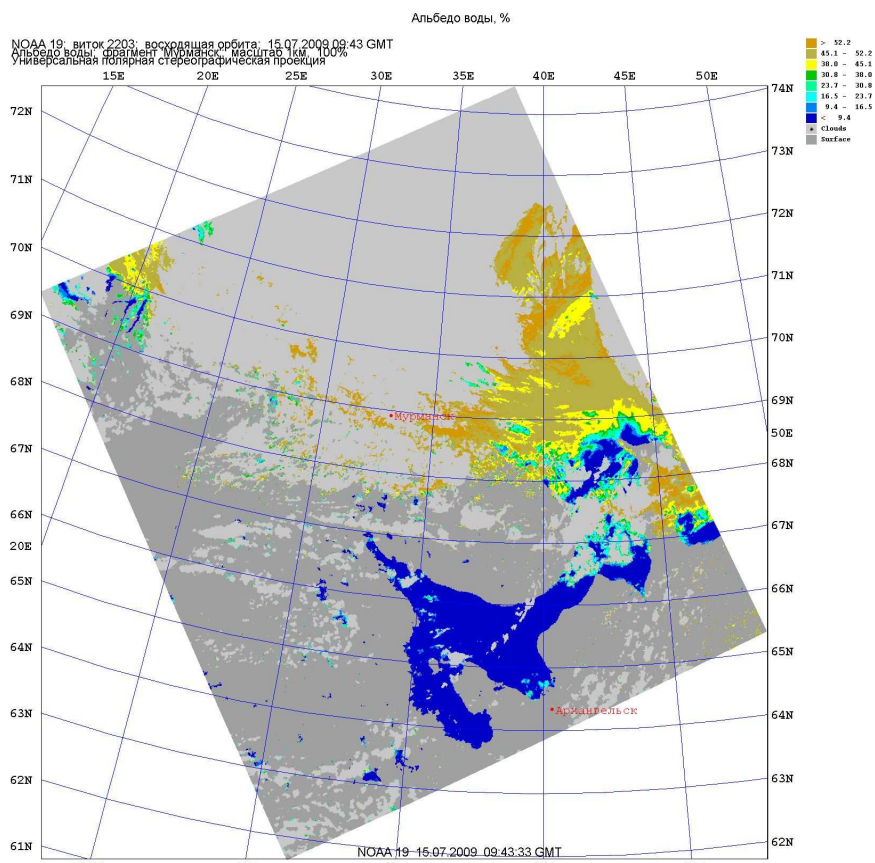


Рис. 23. Автоматическое определение альbedo воды

Рис. 17 показывает автоматическое определение запаса воды в облаках на основе приближенной модели зависимости уровней света различных цветов. Рис. 18 показывает результат автоматического определения толщины облаков. Рис. 19 показывает результат автоматического определения высоты верхней границы облаков. Рис. 20 показывает результат автоматического определения температуры верхней границы облаков.

Рис. 21 показывает результаты автоматического определения температуры индекса вегетации. Рис. 22 показывает результат автоматического определения температуры поверхности воды. Рис. 23 показывает результат автоматического определения альbedo воды.

## 6. ИМИТАЦИЯ РАБОТЫ АППАРАТУРЫ

Для разработки программного обеспечения использовалось имитационное моделирование действия некоторой части аппаратного обеспечения. Аппаратное обеспечение в полном комплекте не было доступно. Поэтому программная часть также имитирует работу устройства связи со спутником.

Разработанная имитационная часть позволяет осуществлять обучение работы специалистов. В этом случае оператор действует так, как будто он использует дорогостоящую аппаратуру. Он определяет по местному времени, по местным географическим координатам и по имеющемуся в программе расписанию движения спутников, какие метеорологические спутники доступны для связи, или будут доступны в ближайшее время. Далее из полученного перечня выбирается необходимый спутник как источник новой информации, отправляется запрос на связь с ним. Имитируется ожидание появления спутника в зоне видимости, сеанс связи со спутником и полученный спутниковый снимок. В режиме имитации этот снимок загружается из базы данных. Указанный снимок декодируется, после чего выполняется его вторичная обработка, как описано выше.

На Рис. 24–28 показаны результаты применения системы с получением распределения требуемых характеристик (влажности, температуры и т. п.) по сфотографированной территории.



Вертикальные профили температуры, уровень 42, 1050 нбар, ~0.0км  
 NOAA 19, 07.12.2013 06:14:03, виток 24951, восходящий.  
 Стереографическая равноугольная проекция.

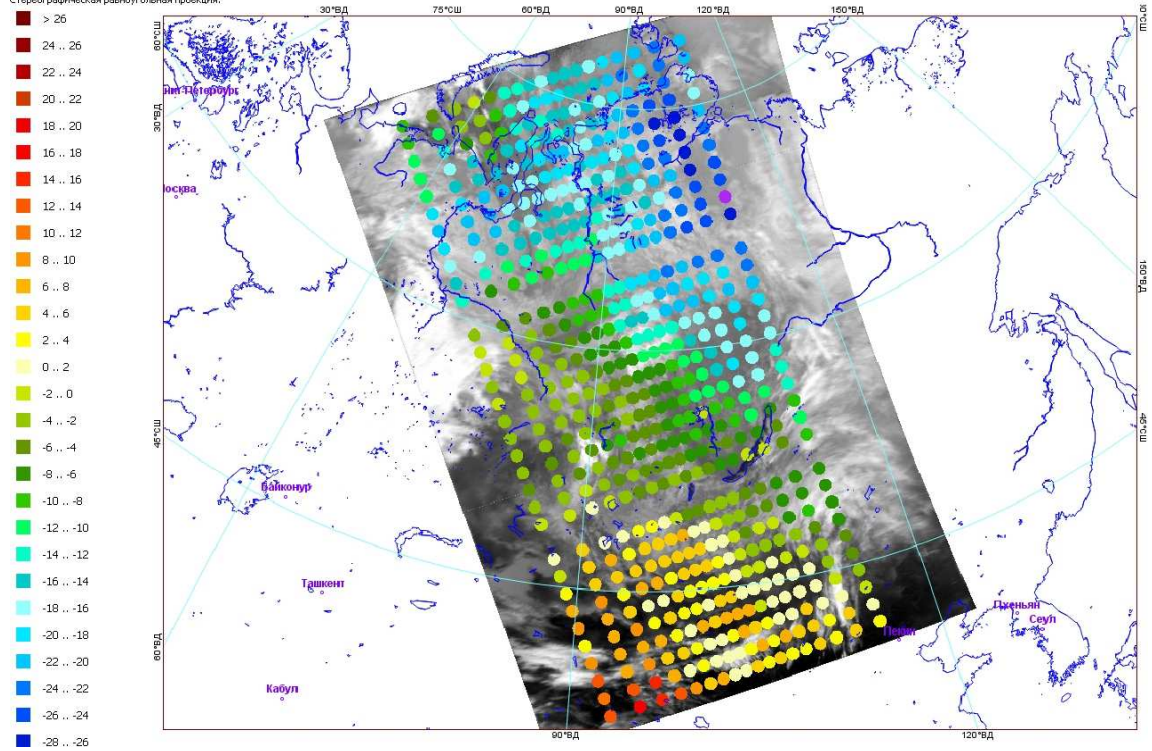


Рис. 24. Влажность в точках

Вертикальные профили температуры, уровень 42, 1050 нбар, ~0.0км  
 NOAA 19, 07.12.2013 06:14:03, виток 24951, восходящий.  
 Стереографическая равноугольная проекция.

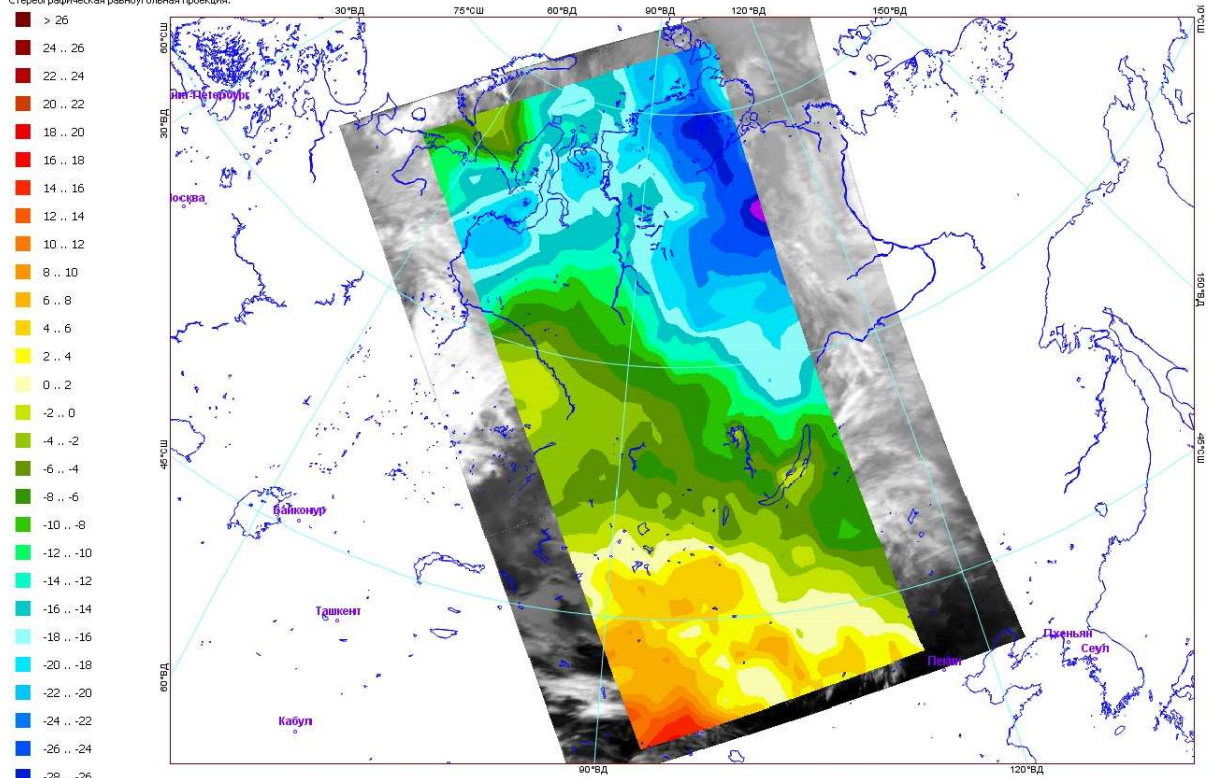


Рис. 25. Температура

Водозапас  
 NOAA 19, 07.12.2013 06:14:03, виток 24951, восходящий.  
 Стереографическая равноугольная проекция.

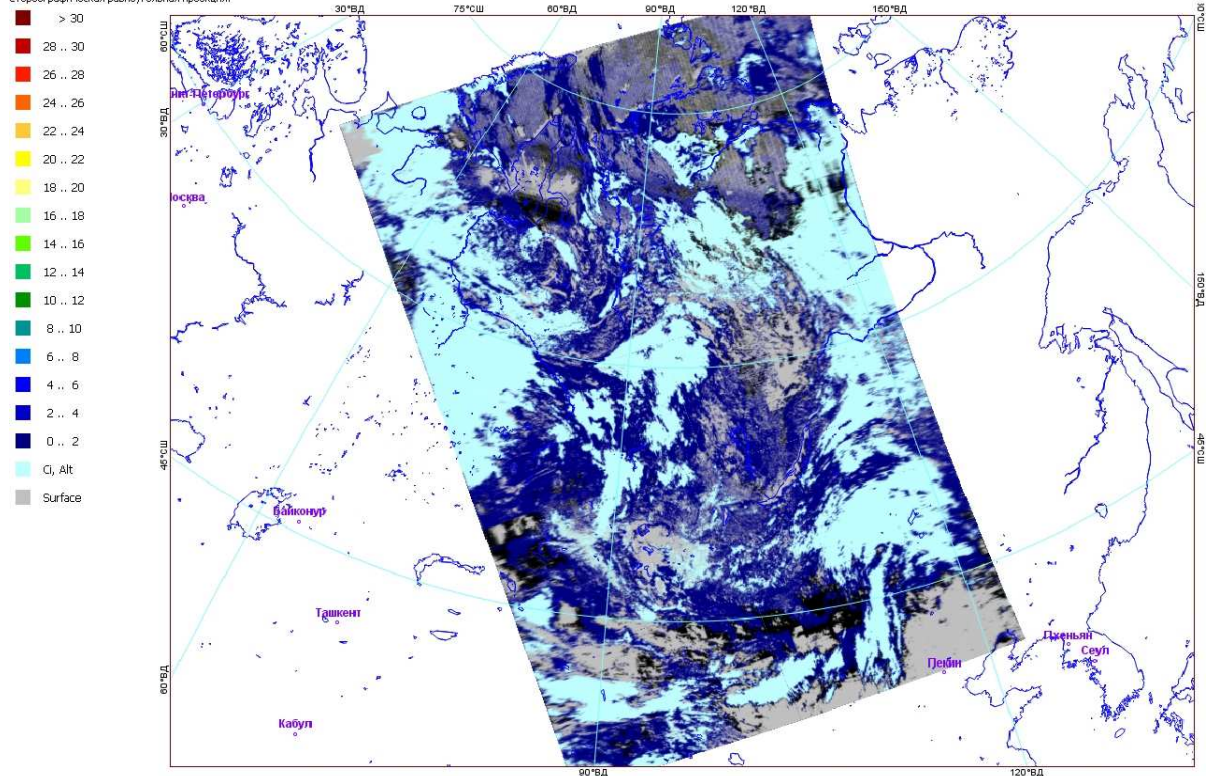


Рис. 26. Водозапас

Вертикальные профили влажности, уровень 42, 1050 нбар, ~0.0км  
 NOAA 19, 07.12.2013 06:14:03, виток 24951, восходящий.  
 Стереографическая равноугольная проекция.

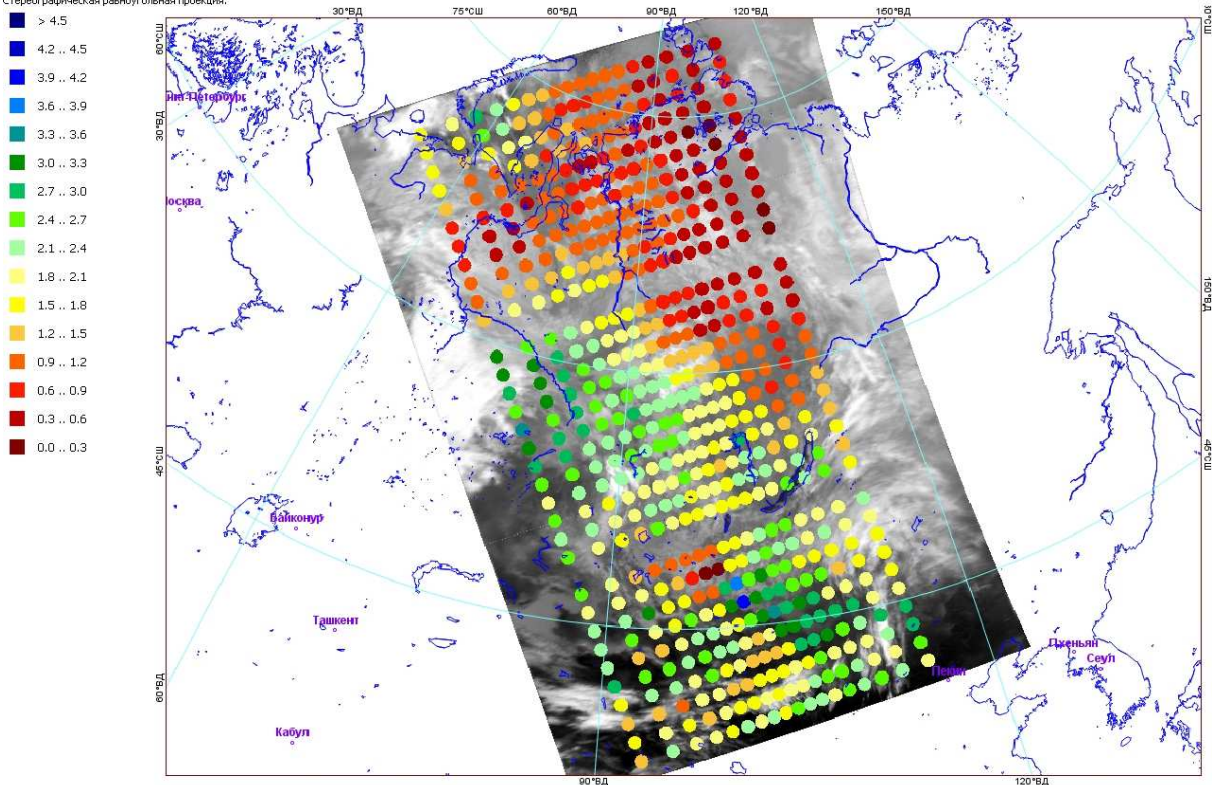


Рис. 27. Температура в точках

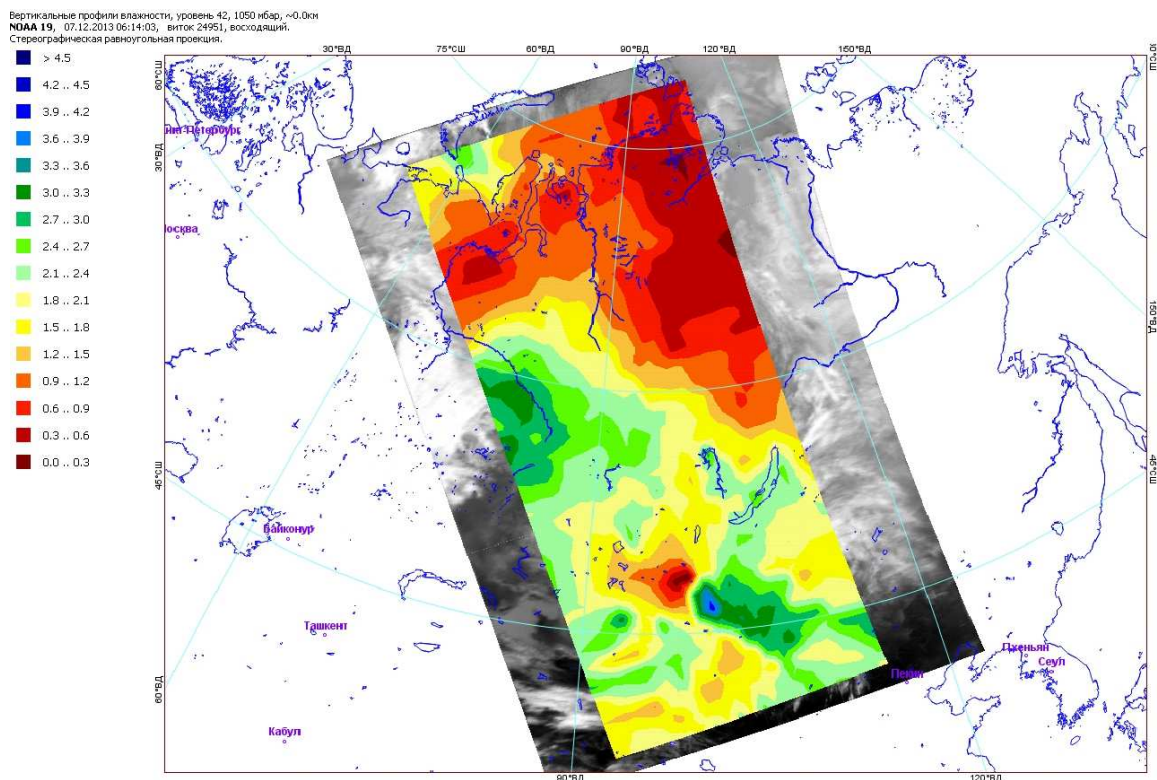


Рис. 28. Влажность

## 7. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

### 7.1. Актуальность проекта

Резкое возрастание объемов требуемой информации, ввод новых спутников и новых стандартов передачи метеоинформации и другие насущные потребности для развития этой системы требуют новых научных и научно-технических решений по совершенствованию этой системы с целью повышения ее эффективности и расширения сфер ее применения. Особо актуальна задача всесезонного предоставления данных для арктического региона с целью обеспечения работы Северного морского пути. Необходим всесезонный анализ ледовой обстановки и метеоусловий для бесперебойного функционирования Северного морского пути, и передача результатов этого анализа через существующие ограниченные каналы связи в арктическом регионе (в частности, через спутники серии «Гонец»). Вместе со средствами космического мониторинга метеоусловий для более тонкого анализа метеообстановки в критических случаях могут быть применены средства измерения параметров атмосферы и океана, размещенные на беспилотных летательных аппаратах, интегрированные с комплексами космического мониторинга.

Проект развития этой системы направлен на разработку и исследование новых программных средств для беспилотных систем сбора данных об окружающей среде, распознавания этих данных с целью принятия решений и последующего управления. Проект ставит целью получение новых научных результатов мирового уровня на основе интеграции и развития компетенций и результатов

научного коллектива по следующим направлениям:

а) применение современных методов и средств сбора и обработки данных;

б) применение современных методов распознавания изображений и методов и средств обработки изображений, включая распознавание заданных типов изображений, распознавание признаков рельефа на спутниковых фотографиях, нанесение географической сетки с привязкой к реальным координатам, устранение линейных и нелинейных искажений, использование псевдораскраски для облегчения принятия решений при обработке спутниковых изображений;

в) новейшие и авторские методы и алгоритмы сжатия данных.

Задачи проекта развития системы:

Разработка и исследование новых методов и средств автономного (без участия человека) сбора сведений об окружающей среде.

Разработка и исследование новых алгоритмов сопоставления этих сведений в интеллектуальном обрабатывающем устройстве, распознавания различных объектов, измерение их характеристик, формирование обработанной информации в виде и объеме, необходимом для принятия решений и управления.

Разработке и исследовании алгоритмов и программ для принятия решений в многоуровневой иерархической системе.

Разработка новых методов и средств обработки спутниковых изображений в различных форматах.

Актуальность предлагаемых к решению

задач обоснована потребностями отечественной экономики. Рынок спутниковых изображений стремительно растет. Он охватывает бытовые и специальные применения [14]. Спутниковые фотографии являются предметом продаж, например, на сайтах [15, 16] и на многих других. Стоимость «сырых» снимков в десятки раз ниже, чем стоимость обработанных снимков, рынок обработанных снимков выше на несколько порядков. Отечественные метеорологические спутники весьма разнообразны [17].

Развитие этих систем должно идти не только по линии увеличения количества таких спутников, но и по пути увеличения информативности полученных снимков, что может быть достигнуто не только обновлением оборудования, но и совершенствованием средств обработки принимаемых изображений. Наиболее известные отечественные и зарубежные метеорологические спутниковые системы: EUMETSAT (Meteosat) [18], США (GOES) [19], Япония (MTSAT) [20], Китай (Fengyun-2) [21] и Индия (KALPANA) [22]. Они движутся по геостационарной орбите, то есть по кругу над Землей на высоте 38 500 км.

На этой высоте, угловая скорость спутника та же, что и угловая скорость вращения Земли, поэтому спутник постоянно расположен над одним пунктом. Эта орбита позволяет спутнику непрерывно наблюдать одну и ту же область, что составляет около 42 % поверхности земли. Чтобы получить глобальный охват, требуется в сети 5-6 спутников, но эти спутники не видят арктического региона. Полярными орбитальными погодными спутниками управляют США (NOAA) [23], EUMETSAT (MetOp), Россия (Метеор) [24] и Китай (Fengyun-1) [25]. Они обеспечивают глобальные охваты от единственного спутника. Все получаемые фотоснимки следует обрабатывать по заданным алгоритмам, а также для извлечения новой информации требуется модификация этих алгоритмов и разработка новых алгоритмов на основе физических представлений. Особо актуальна задача всесезонного предоставления данных, особенно для арктического региона с целью обеспечения работы Северного морского пути. Для всесезонного анализа ледовой обстановки требуется разработка методов и алгоритмов кодирования и визуализации метеоинформации (имеющей очень значительный объем), обеспечивающих высокое качество предоставляемой метеоинформации пользователям при передаче этой информации по низкоскоростным каналам.

В области обработки метеоинформации, получаемой с космических аппаратов, зарубежный рынок для отечественных пользователей закрыт в связи с особой важностью этих технологий двойного назначения. Информация о доступных спутниковых фотографиях скудна и соответствует лишь минимуму для выполнения международных соглашений в области экологии и рационального природопользования. Поэтому конкуренции со стороны отечественных исследователей не предвидится, а конкуренция зарубежных поставщиков на

отечественном рынке невозможна.

Ожидаемые результаты исследований обеспечат прием и обработку метеоинформации на мобильных комплексах с существующих и перспективных космических аппаратов для всесезонного и всерегионального мониторинга состояния типов облачности, характеристик верхней границы облаков. Также в случае поддержки проекта будет осуществляться мониторинг потенциально опасных зон, связанных с грозовыми явлениями в облаках, вертикальных температурно-влажностных профилей, влагозапаса атмосферы, температуры поверхности воды и суши, интенсивности и фазового состояния осадков, границы снега и морского льда, пожароопасности, и так далее.

## **7.2. Научная новизна проекта**

Существующие системы (МЕТЕОГАММА и др.) решают эти задачи не для всех сезонов и не для всех регионов земного шара. Особенно недостаточно эти задачи решаются для арктического региона. Существующие методы и алгоритмы анализа недостаточно хорошо работают в арктическом регионе, но их доработка на основе опыта работы комплекса АКТОМИКА позволит обобщить алгоритмы анализа для решения поставленной задачи. Существующий комплекс АКТОМИКА может послужить основой для разработки опытного комплекса, решающего поставленные задачи.

## **7.3. Современное состояние исследований по данной проблеме в мире**

Современный подход к решению этой задачи состоит в основном в реализации сложных алгоритмов анализа на супер-компьютерах. Это требует оперативной передачи очень больших объемов информации к супер-компьютерам. Это достижимо для пунктов приема метеоинформации, расположенных в местах, откуда эти объемы могут быть быстро переданы на обработку. Для арктического региона это невозможно, так как отсутствуют каналы связи, которые могут обеспечить передачу этих очень больших объемов информации на обработку. Поэтому необходима разработка алгоритмов и программ, обеспечивающих получение необходимой информации на основе полученных со спутников данных на ограниченных вычислительных средствах (в мобильных комплексах), а также разработку алгоритмов и программ сжатия информации для обеспечения их оперативной передачи потребителям. Зарубежные публикации широко раскрывают результаты такой обработки данных, но не раскрывают алгоритмов и методик. Современные теоретические сведения по обработке спутниковых изображений не достаточно широко внедрены вследствие отсутствия требуемых программно-аппаратных средствами, на разработку которых

направлен данный проект.

#### **7.4. Основные мировые научные конкуренты**

Информация об основных конкурентах может быть найдена, например, на сайтах [29 – 39].

*EUMETSAT (European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites)* – ведущая Европейская организация спутниковой метеорологии. Это межправительственная организация, преследующая цель создания и эксплуатации европейской метеорологической спутниковой системы за счёт запуска спутников и предоставления цифровых данных о погоде конечным потребителям, а также осуществляющая оперативный мониторинг климатических изменений на планете.

*SAF (Satellite Application Facilities)* – подразделения *EUMETSAT*, занимающиеся разработкой программного обеспечения на основе данных полученных с метеорологических спутников.

*CM SAF (Satellite Application Facility on Climate Monitoring)* – подразделение, программные продукты которого осуществляют мониторинг климата, включающий в себя и анализ облаков.

*NWC SAF (Satellite Application Facility on Support to Nowcasting & Very Short Range Forecasting)* – подразделение, программные продукты которого разработаны для составления краткосрочного прогноза погоды, некоторые из этих продуктов так же анализируют облака.

*LSA SAF (Satellite Application Facility on Land Surface Analysis)* – подразделение, программные продукты которого разработаны для анализа земной поверхности, в том числе обнаружения и мониторинга пожаров, оценки температуры земной поверхности, определения снежных покровов.

Рассмотрим конкретные продукты, с которыми могло бы конкурировать наше программное обеспечение.

**Продукты подразделения CM SAF (мониторинг климата).**

1. *Cloud Fractional Cover* – Отображает долевое покрытие региона облаками, выраженное в процентах.

2. *Cloud Type* – Определяет типы облаков, разделяет их на группы: низкие, средние, высокие плотные облака, высокие полупрозрачные облака, незначительные облака.

3. *Cloud Top Products* – Определяет высоту и температуру верхней границы облаков

4. *Cloud Phase* – Предоставляет информацию о фазовом состоянии облака на уровне верхней границы облаков и выдает следующую классификацию: вода, лёд, смешанное.

5. *Cloud Optical Thickness* – Предоставляет информацию об оптической плотности (толщина) облаков.

6. *Cloud Liquid Water Path* – Предоставляет информацию о направлениях воды в облаках (кг / квадратный метр)

Продукты подразделения *NWC SAF* (краткосрочный прогноз погоды).

Наименование программного продукта, краткое описание программного продукта:

1. *Cloud Mask Product*: Главная цель продукта – с большой достоверностью очертить все безоблачные пиксели на картинке со спутника. Кроме того, продукт предоставляет информацию о наличии льда, облаков пыли и вулканического дыма.

2. *Cloud Type Product*: Предоставляет детализированный анализ облаков, разделяет облака на разные типы.

3. *Cloud Top Temperature and Height Product*: Продукт предоставляет информацию о температуре и высоте каждого пикселя на картинке со спутника, определенного как облако.

4. *Precipitating Cloud Product*: Выявляет вероятность выпадения осадков по информации с *AVHRR* и микроволнам.

**Продукты подразделения LSA SAF (краткосрочный прогноз погоды).**

1. *Fire Risk Map* – Программное обеспечение прогнозирует риск возникновения пожаров на территории Европы

2. *Fire detection and monitoring* – Занимается определением и мониторингом пожаров на территории Европы и Африки

3. *Snow Cover* – Отображает снежный покров находящийся на земной поверхности.

4. *Land Surface Temperature* – Отображает температуру земной поверхности

**NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)**

NOAA (Национальное управление океанических и атмосферных исследований) - федеральное ведомство в структуре Министерства торговли США; занимается различными видами метеорологических и геодезических исследований и прогнозов для США и их владений, изучением мирового океана и атмосферы.

*The Office of Satellite and Product Operations* является частью *National Environmental Satellite Data and Information Service* (Национальная служба, занимающаяся сбором спутниковой информации и данных об окружающей среде), которая в свою очередь является подразделением NOAA

*The Office of Satellite and Product Operations* занимается сбором, обработкой данных об окружающей среде со спутников, а так же распространением этих данных и разработанных на их основе программных продуктов.

Рассмотрим некоторые программные продукты этого подразделения [26–29].

1. *Extended Clouds from AVHRR (Clavr-x)*: Это система обработки данных, разработанная для классификации облаков и получения текущих свойств облаков (отражательная способность, оптическая плотность, излучающая способность, температура, давление, высота) для каждой точки (пикселя)

2. *The Cloud Liquid Water*: Предоставляет

информацию о содержании влагосодержании облаков

3. *Hazard Mapping System (HMS) Fire and Smoke Analysis*: Программа отображает обнаруженные горячие точки и облака дыма, указывая на возможные очаги возникновения пожаров.

4. *Snow and Ice Cover*: Отображает снежный и ледовый покров, находящийся на земной поверхности.

5. *Land Surface Temperature*: Отображает температуру земной поверхности/

Для определения типов облачности, характеристик верхней границы облаков и потенциально опасных зон, связанных с грозовыми явлениями в облаках предлагается метод уточнения параметров обработки для разных регионов и сезонов обработки на основании статистических данных и использование результатов вертикального зондирования температуры и влажности.

Для анализа ледовой обстановки при наличии облачности предлагается метод сравнения нескольких последовательных космоснимков для определения границы ледового покрова на основе существенной разности отражения от чистой воды и льда.

Также предлагается широко использовать метод и программные средства для сопоставления различных снимков одного и того же участка, получаемых камерами в различных оптических диапазонах, а также от различных спутников, а также от одного спутника по мере его движения или по прошествии некоторого времени. Поскольку эти снимки сделаны под различными углами, необходимо предварительное их распознавание, выявление характерных примет рельефа (линий рек, границ берегов, дорог и так далее), привязка каждого снимка к реальным географическим координатам, устранение искажений вследствие восстановления требуемого масштаба координат вдоль снимка. В результате получают снимки от различных источников в едином масштабе и с восстановленной линейностью в пределах снимка, что позволяет их накладывать друг на друга. При наложении предлагается применять технику линейных комбинаций, прозрачности и частичной или полной непрозрачности отдельных слоев, дифференцирование и фильтрацию изображений, и другие современные методы.

Ряд технических решений является ноу-хау разработчиков, которые получены при создании комплекса АКТОМИКА.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сайт Русфакт.Ру. <http://rusfact.ru/node/5141>
- [2] Сайт ОАО «НИИ Телевидения» (С.-Петербург). URL: <http://www.niitv.ru>
- [3] Alexander V. Liapidevskiy, Vladimir I. Gololobov, Vadim A. Zhmud, Anton V. Zakharov, Aleksey S. Drozdov. Firmware for the Receiving and Processing of Meteorological Information from the Space Satellites "АКТОМИКА". Proceedings of the Asian Conference on Modelling, Identification and Control (ASIA-MIC – 2012), Phuket, Thailand, P.1-8, DOI:10.2316/P.2012.769-031
- [4] А.В. Ляпидевский, В.И. Гололобов, В.А. Жмудь, А.В. Захаров, А.С. Дроздов. Программно-аппаратное средство для приема и обработки метеорологической информации от космических спутников «АКТОМИКА» // Труды семинара по автоматике и программной инженерии, посвященного юбилею ОАО «Новосибирский институт программных систем» (ОАО «НИПС») 16.04.2012, Новосибирск, типогр. ЗАО «КАНТ». С.32–40.
- [5] А.В. Ляпидевский, В.И. Гололобов, В.А. Жмудь, А.В. Захаров, А.С. Дроздов. Программный комплекс для тематической обработки метеорологических спутниковых фотографий. Сборник научных трудов НГТУ. Новосибирск. 2011. N 4(66). С.53–64.
- [6] ATOVS and AVHRR Pre-processing Package London: Met Office, 2008. – Режим доступа: [www.metoffice.gov.uk](http://www.metoffice.gov.uk), свободный.
- [7] Goodrum G. NOAA KLM user's guide [Electronic resource] /62 G. Goodrum,
- [8] K. Kidwell, W. Winston // National Ocean and Atmosphere Administration: <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/>.
- [9] International ATOVS Processing Package [Electronic resource]. – электрон. дан. – Wiconsin-Madison, USA: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, University of Wisconsin-Madison, 2000: <http://cimss.ssec.wisc.edu/opsats/polar/iapp/>.
- [10] Chichkova E., Itkin M. Analysis of severe storms in summer time in the Northwest region of Russian Federation using satellite data, Reports at the 31-st International Symposium on Remote Sensing of Environment, 20-24 June 2005. – S-Petersburg <http://www.isprs.org/publications/related/isrse/html/papers/914.pdf>.
- [11] Kondratiev A., Chichkova E. Detection and analysis of severe convective phenomenon in summer time using multispectral satellite data. The theses of the reports at the European Conference on Severe Storms, Prague, August, 2002.
- [12] Чичкова Е.Ф., Никандрова А.С. Распознавание кучево-дождевых облаков, вызывающих опасные явления по спутниковым данным AVHRR/NOAA.
- [13] Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооружённых Сил. – М.: Воениздат, 1992.
- [14] <http://gisa.ru/47188.html>
- [15] <http://ru.ask.com/>
- [16] <http://bigpicture.ru/?p=17585ask.com/Спутникова+Съемка+Онлайн>
- [17] <http://ru.allmetsat.com/weather-satellites.php>
- [18] <http://ru.allmetsat.com/satellite-meteosat.php>
- [19] <http://ru.allmetsat.com/satellite-goes.php>
- [20] <http://ru.allmetsat.com/satellite-mtsatsat.php>
- [21] <http://ru.allmetsat.com/satellite-fy2.php>
- [22] <http://ru.allmetsat.com/satellite-kalpana.php>
- [23] <http://ru.allmetsat.com/satellite-noaa.php>
- [24] <http://ru.allmetsat.com/satellite-meteor.php>
- [25] <http://ru.allmetsat.com/satellite-fy1.php>
- [26] <http://www.ospo.noaa.gov/Organization/index.html>
- [27] <http://www.ospo.noaa.gov/Products/atmosphere/clouds.html>
- [28] <http://www.ospo.noaa.gov/Products/land/surface.html>
- [29] <http://www.ospo.noaa.gov/Products/land/snow.html>

- [30] EUMETSAT. URL: <http://www.eumetsat.int/website/home/index.html>
- [31] CM SAF. URL: <http://www.cmsaf.eu/bvbw/appmanager/bvbw/cmsafInternet>
- [32] NWC SAF. URL: <http://www.nwcsaf.org/HD/MainNS.jsp>
- [33] LSA SAF. URL: <http://landsaf.meteo.pt/>
- [34] NOAA. URL: <http://www.noaa.gov/>
- [35] Operational climate monitoring from space: the EUMETSAT
- [36] Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM-SAF). <http://www.atmos-chem-phys.net/9/1687/2009/acp-9-1687-2009.pdf>
- [37] AUTOMATIC OBSERVATION OF CLOUDINESS: ANALYSIS OF ALL - SKY IMAGES. [http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-109\\_TECO-2012/Session3/O3\\_01\\_Gonzales\\_Automatic\\_obs\\_cloudiness.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-109_TECO-2012/Session3/O3_01_Gonzales_Automatic_obs_cloudiness.pdf)
- [38] TOWARD A NEW CLOUD ANALYSIS AND PREDICTION SYSTEM. <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2010BAMS2978.1>
- [39] History of the NOAA Satellite Program. [http://docs.lib.noaa.gov/noaa\\_documents/NESDIS/History\\_NOAA\\_Satellite\\_Programs.pdf](http://docs.lib.noaa.gov/noaa_documents/NESDIS/History_NOAA_Satellite_Programs.pdf)



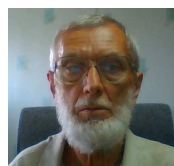
**Захаров** Антон Викторович, заместитель начальника лаборатории ОАО «НИПС». Область интересов: программное обеспечение, АСУТП, программные системы, системы сбора и обработки информации.  
E-mail: [zaharov\\_av@mail.ru](mailto:zaharov_av@mail.ru)



**Филиппов** Владимир Петрович, ведущий инженер ОАО «НИПС». Область интересов: программное обеспечение, АСУТП, программные системы, системы сбора и обработки информации.  
E-mail: [filippov@yandex.ru](mailto:filippov@yandex.ru)



**Жмудь** Вадим Аркадьевич, зав. каф. Автоматики. Область интересов: программное обеспечение, автоматика, системы сбора и обработки данных, лазерные системы.  
e-meil: [oao\\_nips@bk.ru](mailto:oao_nips@bk.ru)



**Гололобов** Владимир Иванович, к.т.н., заместитель директора ОАО «НИПС». Область интересов: программное обеспечение, АСУТП, программные системы, системы сбора и обработки информации.  
E-mail: [gvi@nips.ru](mailto:gvi@nips.ru)



**Ляпидевский** Александр Валерьевич, директор ОАО «НИПС»  
**Дроздов** Алексей Сергеевич, ведущий инженер-программист ОАО «НИПС». Область интересов: программное обеспечение, АСУТП, программные системы, системы сбора и обработки информации.  
E-mail: [nips@nips.ru](mailto:nips@nips.ru)



**Дроздов** Алексей Сергеевич, ведущий инженер-программист ОАО «НИПС». Область интересов: программное обеспечение, АСУТП, программные системы, системы сбора и обработки информации.  
E-mail: [phcxx@ngs.ru](mailto:phcxx@ngs.ru)

### Prospects of of the Development of System for the Processing of Space Satellites Images for the Managing Desisions

V.I. GOLOLOBOV, A.V. LIAPIDEVSKIY,  
A.S. DROZDOV, A.V. ZAKHAROV,  
V.P. FILIPPIV, V.A. ZHMUD

*Abstract:* The paper discusses the prospects of the development of software part of firmware for data acquisition system for collecting and processing of space satellite pictures "AKTOMIKA". The paper describes concrete propositions for the development of this thematic, gives the arguments for profit of these researches. The task belongs to the fields of informative and telecommunication systems and technologies and technologies of controlling and navigation systems.

*Key words:* Automation, control, recognition, sensors, data acquisition systems, remote control, optimisation