

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)

ЗАПАДНО-СИБИРСКОЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(Западно-Сибирское УГМС)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»
(ГУ «СибНИГМИ»)

УДК 551.507.362
№ госрегистрации
Инв. №



О Т Ч Е Т
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по тематике региональных исследований

по теме:

АДАПТАЦИЯ, НАСТРОЙКА, ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ И ВНЕДРЕНИЕ В
ОПЕРАТИВНУЮ ПРАКТИКУ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО УГМС ТЕХНОЛОГИИ
ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЛАЧНОСТИ
(СИСТЕМА «ВАРЯГ», СОЗДАННАЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ЦГМС-Р) ПО
СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ. СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И
ДОВЕДЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДО РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

(заключительный)

1.8.79

Руководитель темы
к-т геогр. наук

_____ Е.Ф.Чичкова

Новосибирск 2007

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,
к-т геогр.наук _____ Е.Ф.Чичкова (введение,разделы 1-3,заключение)

Исполнители темы _____ В.А.Петрова (раздел 2,3)

_____ М.Я.Здерева (раздел 2)

_____ И.А.Тарабукин (раздел 3)

РЕФЕРАТ

Отчет 36 с., 18 рис., 3 табл., 21 источник, 4 прил.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ, СПУТНИКОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ТИПЫ ОБЛАЧНОСТИ, ВЕРИФИКАЦИЯ ДАННЫХ , РЕГИОНАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ.

Проведена адаптация технологии обработки спутниковой информации NOAA/AVHRR к территории, обслуживаемой Западно-Сибирским УГМС, на основе климатической информации и специально разработанных пороговых значений. Технология обработки спутниковой информации позволяет классифицировать виды подстилающих поверхностей: сушу, воду, восемь типов облачности, а также рассчитывать их гидрометеорологические параметры.

Технология была внедрена в оперативную практику Западно-Сибирского регионального центра приема и обработки спутниковых данных. В период с мая по сентябрь 2006г. и 2007г. результаты обработки использовались региональными потребителями. Для передачи данных удаленным пользователям была разработана специальная технология пакетной обработки и просмотра результатов на местах.

Это позволило охватить спутниковыми данными новых потребителей, не имеющих средств приема и обработки спутниковой информации ранее. Наиболее эффективны спутниковые данные в условиях ограниченной сети наземных наблюдений и при отсутствии МРЛ.

Доступ к новому виду спутниковой информации приобрел особое значение для авиационных синоптиков, в первую очередь, для определения реальной(или фактической) метеорологической обстановки и оценки опасности конвективных явлений.

Проведена верификация результатов обработки спутниковых измерений с наземными сетевыми наблюдениями и данными метеорологического радиолокатора. Получены новые улучшенные критерии для идентификации кучево-дождевых облаков, вызывающих опасные погодные явления в Западно-Сибирском регионе.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Технология обработки спутниковой информации.....	6
1.1 Исходные данные.....	6
1.2 Алгоритмы обработки.....	7
2 Региональная адаптация технологии анализа облачности.....	13
2.1 Настройка пороговых значений для распознавания поверхностей.....	14
2.2 Верификация результатов, полученных по спутниковым данным, с данными наземных наблюдений.....	17
2.2.1 Кучево-дождевые облака.....	17
2.2.2 Высота ВГО.....	21
3 Доведение результатов обработки спутниковой информации до региональных потребителей.....	25
3.1 Удаленное использование результатов тематической обработки спутниковой информации.....	26
3.2 Представление результатов в картографической проекции.....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	32

ВВЕДЕНИЕ

Данная научно-исследовательская работа (далее НИР) проводилась ГУ «СибНИГМИ» по тематике региональных исследований, индекс темы 1.8.79.

Основное внимание в этой работе уделено проблеме адаптации технологии обработки спутниковой информации NOAA/AVHRR к территории Западной Сибири и разработке технологии передачи результатов обработки удаленным пользователям в регионе. Технология анализа облачности по цифровым многоспектральным спутниковым данным разработана для решения задач, связанных с исследованием облачного покрова в целях оперативного мониторинга облачности в синоптической практике, а также в научных целях [1-3].

Актуальность данной задачи продиктована необходимостью внедрения спутниковой информации, а именно, результатов численного восстановления характеристик температуры, высоты верхней границы облачности (ВГО) и пр., в оперативную практику гидрометслужбы. В последнее время это становится возможным на территории Российской Федерации (РФ) благодаря планомерному оснащению региональных центров по гидрометеорологии и контролю окружающей среды типовыми станциями приема спутниковой информации и наличием современных коммуникационных и вычислительных средств.

В рамках этой работы впервые в РФ разработана и внедрена в оперативную практику технология обслуживания удаленных пользователей, включая подразделения АМСГ, результатами обработки спутниковой (NOAA/AVHRR) информации – количественными характеристиками облаков.

1 ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Основой целью разрабатываемой технологии является распознавание различных типов подстилающих поверхностей и получение гидрометеорологических параметров облачности по спутниковым данным. Технология предназначена для оперативной работы в прогностических подразделениях гидрометслужбы с целью анализа облачности синоптического и мезомасштабов. Преобладающим направлением исследований на данный момент считается анализ летней конвективной облачности, приводящей к штормовым предупреждениям об опасных явлениях погоды (гроза, шквалистый ветер, ливни, экстремальное количество осадков). Исходной информацией являются данные многоканального радиометра AVHRR.

В отличие от традиционной практики нефанализа по спутниковым данным и в дополнение к ней при проведении облачного анализа данная технология предоставляет новые возможности:

- идентификации и классификации по ярусам и морфологии типы облачности;
- расчет гидрометеорологических параметров (температуру ВГО, высоту ВГО, водозапас облаков, толщину облаков).

Также возможно получить дополнительные характеристики для свободных от облачности поверхностей Земли, а именно:

- индекс вегетации;
- температуру воды,
- карту оптических неоднородностей воды (по альбедо в 1-ом канале AVHRR).

1.1 Исходные данные

Полярно-орбитальные искусственные спутники Земли (ИСЗ) серии NOAA POES (National Oceanic and Atmospheric Administration Polar Operational Environmental Satellites, США) уже более 20 лет являются основным космическим звеном метеорологических служб всего мира. Каждые 2 - 3 года запускается очередной спутник таким образом, что на орбитах одновременно находится не менее 2 (в данный момент - 3) действующих аппаратов. Орбита спутников – солнечно-синхронная, т.е. каждые сутки спутник проходит над любой территорией примерно в одно и тоже местное время. Высота орбиты – около 800 км. Орбиты проходят вблизи полюсов Земли, и с учетом широкой полосы обзора это гарантирует съемку любого участка поверхности с почти километровым пространственным разрешением не

менее 4 раз в сутки с каждого спутника. Спутники выводятся на орбиты таким образом, чтобы съемка с разных спутников относительно равномерно распределялась по времени. Основным инструментом NOAA – это сканирующий радиометр Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR). Его характеристики приведены в таблице 1.

Пространственное разрешение в центре полосы обзора AVHRR -1.1 км. Ширина полосы обзора – 3000 км. Данные AVHRR из-за низкого пространственного разрешения используются в основном в целях гидрометеорологии, а также при решении задач мониторинга окружающей среды.

Таблица 1- Спектральные характеристики инструмента AVHRR

Номер спектрального канала AVHRR	Спектральный диапазон AVHRR, мкм
1	0.58- 0.68
2	0.725- 1.0
3a/b	1.57-1.64/ 3.55- 3.93
4	10.3 – 11.3
5	11.4 – 12.4

Первый канал радиометра AVHRR расположен в видимом диапазоне, второй - в ближнем инфракрасном (БИК), четвертый и пятый - в окне прозрачности атмосферы инфракрасного диапазона (ИК). Третий канал переключается на современных приборах в областях среднего ИК диапазона в соответствии с данными таблицы 1.

1.2. Алгоритмы обработки

После приема спутниковой информации на станцию, данные в формате HRPT поступают для обработки в специальный программный комплекс. На первом этапе производится *первичная обработка*: географическая привязка и калибровка данных по стандартным алгоритмам [4], а также выбор и вырезка фрагмента для тематической обработки. В программном комплексе созданы возможности уточнения географической привязки и отрисовки координатной сетки, береговой линии, пунктов по заданным координатам, которые позволяют оператору быстро ориентироваться в исходной информации и производить необходимые манипуляции ручной обработки.

На рисунке 1 представлена общая схема обработки спутниковой информации по данной технологии.

Тематическая обработка заключается в выделении методом кластерного анализа областей со схожими характеристиками отражательных, излучательных радиационных свойств; распознавания выделенных областей и расчета их количественных гидрометеорологических характеристик.

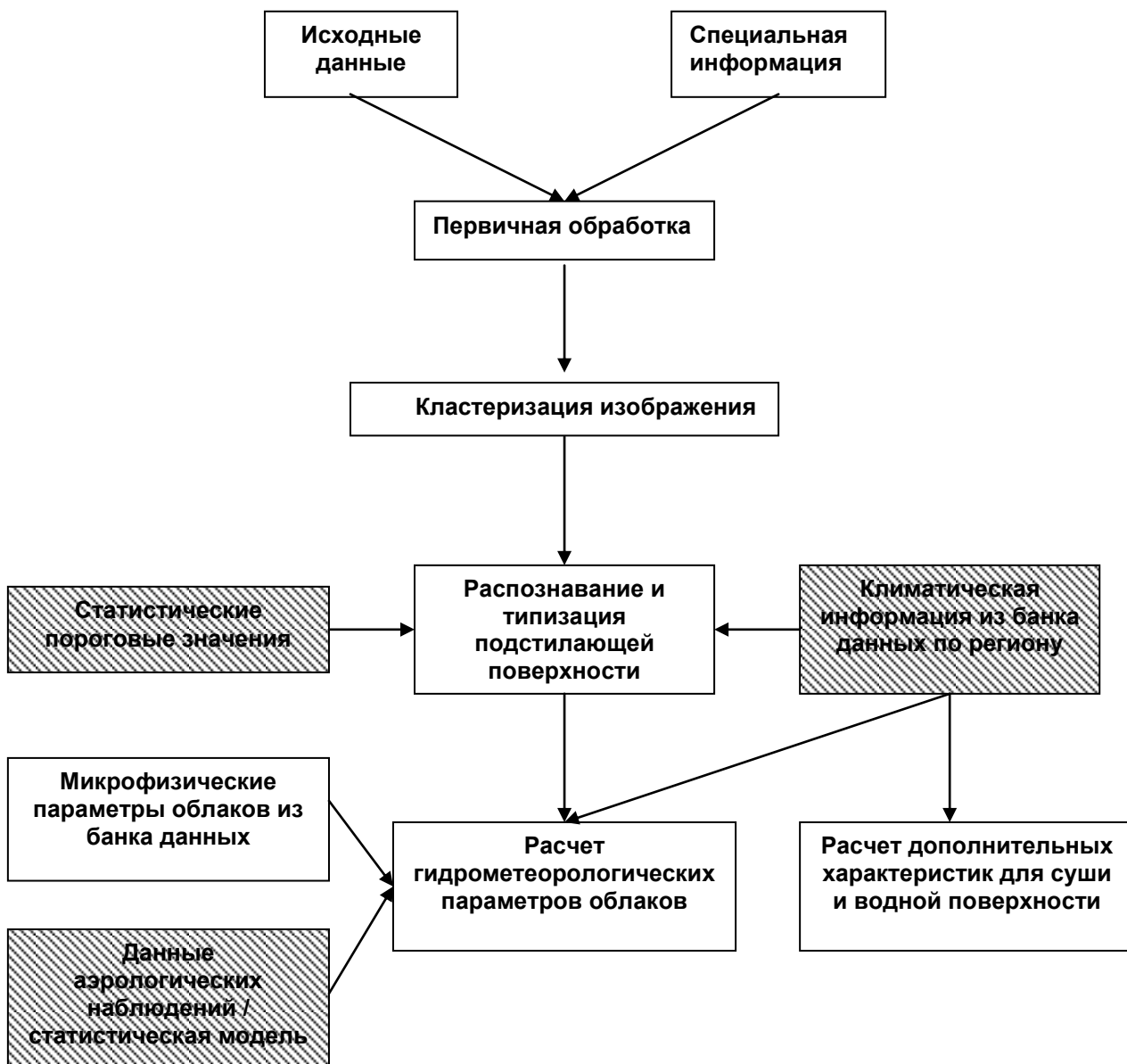


Рисунок 1- Функциональная схема обработки спутниковой NOAA/ AVHRR информации.

Метод *кластерного анализа*, используемый в данной технологии, предполагает построение и анализ многомерных гистограмм. В качестве меры сходства используется Евклидово расстояние.

Кластерный анализ обычно проводится для яркостной гистограммы исходного изображения в видимом (0.6 мкм) и в инфракрасном (11 мкм или 12 мкм) спектральных

диапазонах AVHRR, как самых информативных для облачности. Начальное разбиение при построении гистограммы задается отдельно для каждого канала. Эмпирическим путем установлены оптимальные для анализа облачных ситуаций в С-З регионе интервалы разбиения по осям гистограммы, соответствующие примерно 3% альбедо в 1-ом канале и 3°C в 4-ом канале. Кластерный анализ такой гистограммы выделяет компактные области (кластеры) подстилающих поверхностей с близкими характеристиками в 1-ом и 4-ом каналах AVHRR

Дальнейшая методика обработки спутниковых данных предполагает настройку ее элементов под использование для различных географических регионов. Заштрихованные блоки на схеме (рисунок 1) содержат эти элементы и отвечают за региональную адаптацию методов.

Статистические пороговые значения, главным образом, предназначены для наиболее вероятного опознавания кластеров земной поверхности по температуре (4 канал AVHRR) и альбедо (1 канал AVHRR). Пороговые значения для земных поверхностей обычно получаются путем статистической обработки архивных данных спутниковой информации (NOAA) по конкретному региону. Они имеют зависимость от времени суток и от даты. Также находятся пороги в 1-ом, в 3-ем и в 4-ом каналах для вероятного обнаружения дымовых шлейфов и очагов крупных пожаров, теплового и дымового (смог) загрязнения городов, туманов. Непосредственно для классификации облаков используются пороговые значения:

- для распознавания перистых облаков (разность 4 и 5 каналов, 3b канал);
- для распознавания кучево-дождевых облаков (3 канал, 4 канал, 1 канал).

Климатическая информация из банка данных по региону содержит:

1. среднестатистические данные о линейных размерах кучевых облаков;
2. климатические данные о высоте нижней и верхней границы для разных типов облачности;
3. климатические данные о температуре воздуха, поверхности почвы и воды для репрезентативных для региона гидрометеорологических станций.

Первая группа данных получена путем анализа информации высокого разрешения со спутников не метеорологического назначения [5]. Климатические значения высоты границ облаков (вторая группа), полученные от независимых самолетных измерений, привлечены из [6]. Третья группа данных берется из климатических справочников.

В качестве основного критерия типизации облачности слоистых форм используется высота верхней границы облаков, которая сравнивается с климатической характеристикой из банка данных.

Для распознавания кучевообразной, кучевой и кучево-дождевой облачности дополнительно привлекаются среднестатистические данные о характерных размерах облачных элементов, а также используются пороговые значения в 1, 3, 4 каналах радиометра AVHRR.

Данные третьей группы используются при сверке пороговых температурных значений для отделения облаков от земной поверхности в первом приближении.

Большая часть содержимого банка данных имеет региональную зависимость и должна соответствовать географическому региону, для которого производится прием и обработка спутниковой информации.

Данные аэрологических наблюдений используются для расчетов высоты верхней границы облаков (H вго). При отсутствии данных радиозондирования для этой цели применяются данные региональных или среднезональных *статистических моделей* высотного распределения температуры [7].

Процедура *распознавания* кластеров происходит в два этапа.

На первом этапе осуществляется идентификация облачности и земной поверхности путем сравнения осредненных по кластерам характеристик альbedo и радиационной температуры с пороговыми значениями. Далее кластеры, относящиеся к земной поверхности, объединяются. Типы земной поверхности разделяются на сушу и воду по признаку разности значений в 1-ом и 2-ом каналах радиометра.

На втором этапе идентифицируются облачные кластеры по восьми типам, используемым в оперативной практике синоптика:

Sc/St- слоисто-кучевые и слоистые;

Cu hum – кучевые плоские (облака хорошей погоды);

Cu – кучевые (облака вертикального развития);

Cb - кучево-дождевые;

Ns - слоисто- дождевые;

As - высоко-слоистые;

Ac - высоко-кучевые;

Ci - перистые, перисто-кучевые и перисто-слоистые.

Оператор может в интерактивном режиме корректировать результаты автоматического распознавания типов подстилающих поверхностей. На рисунке 2 показаны типы облаков для конкретного фрагмента изображения.

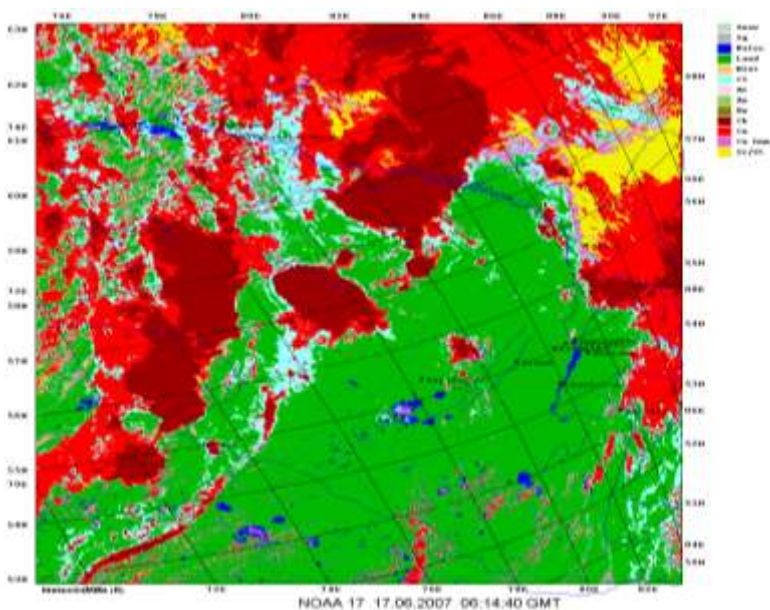


Рисунок 2- Типы облачности и земной поверхности, NOAA17, 17.06.2007

Расчет гидрометеорологических параметров обнаруженных на спутниковых снимках облаков осуществляется при помощи специальных моделей облаков. Каждому выделенному на этапе идентификации типу облачности ставится в соответствие конкретная **микрофизическая модель**. Подробно методы расчета описаны в отчете по НИР [1]. Расчет параметров производится для каждого пикселя, отнесенного к тому или иному типу облачности на изображении. Восстанавливаются следующие характеристики для осадкообразующих типов облачности (Sc, Cu, Cb, Ns):

- температура верхней границы;
- высота верхней границы;
- толщина;
- водозапас.

Температура верхней границы (рисунок 3) рассчитывается по данным 4 канала AVHRR для всех типов облаков, кроме перистых облаков, в предположении, что облачный слой излучает как абсолютно черное тело.

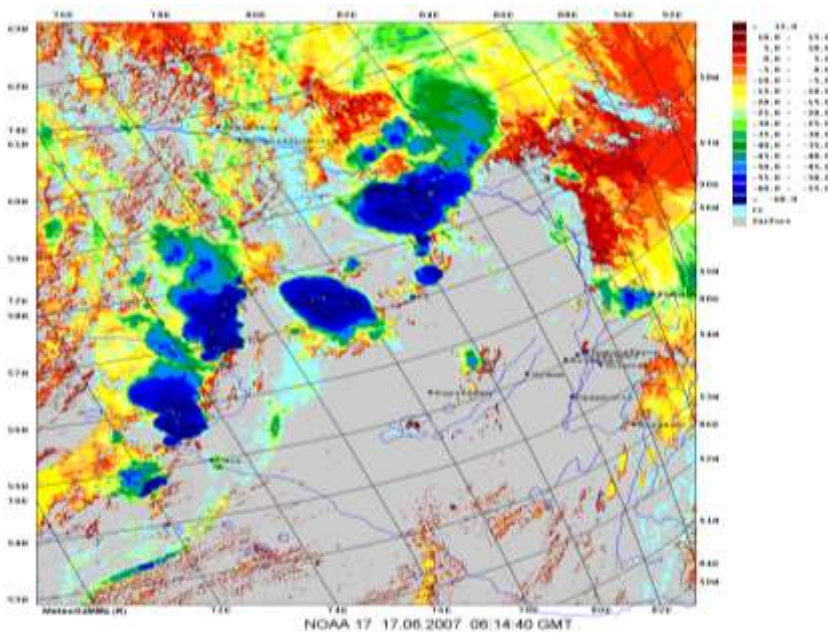


Рисунок 3- Температура верхней границы облаков, 17.06.2007

Высота верхней границы (рисунок 4) рассчитывается на основании вычисленной температуры верхней границы облаков и известного вертикального профиля температуры. Для задания вертикального профиля температуры используются либо данные аэрологического зондирования по сети станций региона, либо статистические модели вертикального распределения температуры. Важный с точки зрения методики восстановления высоты ВГО вывод о возможности использования результатов зональной модели (Зуев, Комаров) был получен при сопоставлении рядов $H_{вго}$, полученных по аэрологическому профилю и по модельным данным [8] (см. п.2).

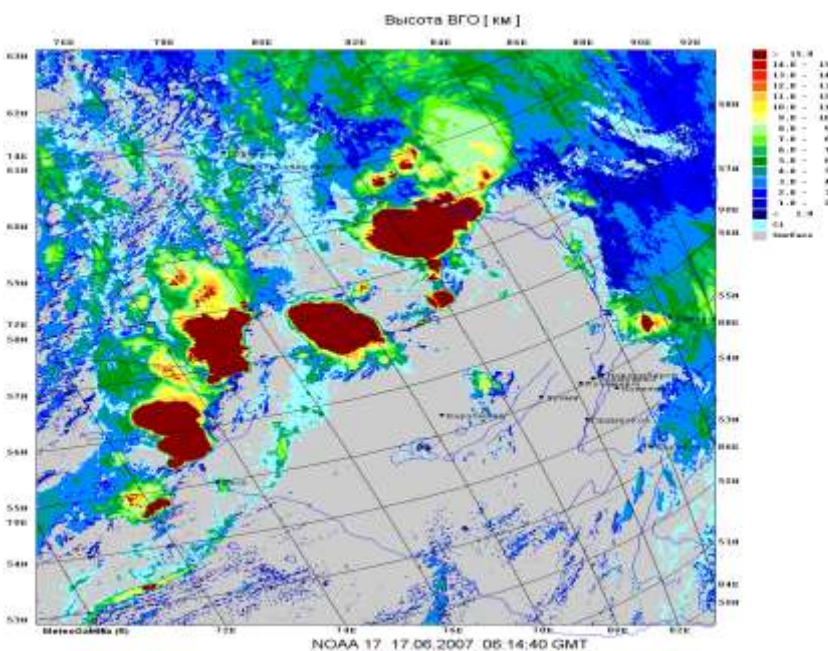


Рисунок 4 - Высота верхней границы облаков, 17.06.2007

Толщина облачности (ΔH) вычисляется для плотных облаков по статистическим данным о высоте нижней границы облачности из банка данных.

Для характеристики *водозапаса* (рисунок 5) производится лишь ее грубая оценка, основанная на средней по всему объему кучевого облака водности разных типов

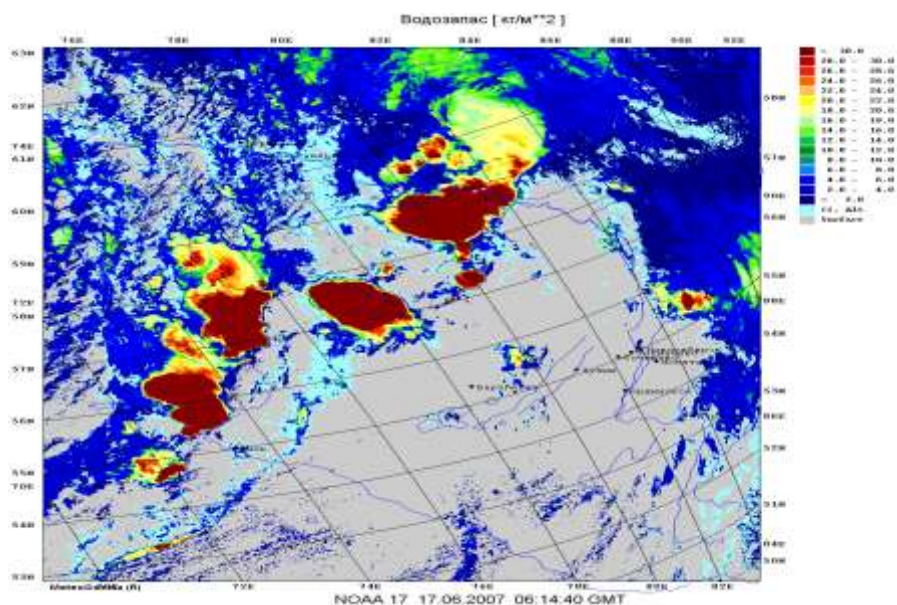


Рисунок 5 - Водозапас облаков, 17.06.2007

осадкообразующей облачности [9,10]. Применение упрощающей параметризации оправдано при использовании их в оперативной практике гидрометслужбы, где ценится быстрота обработки спутниковой информации и допускается подобная точность восстановления характеристик [11].

2 РЕГИОНАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ОБЛАЧНОСТИ

Основной комплекс задач по адаптации технологии обработки спутниковых данных заключается в разработке региональных компонентов, перечисленных в п. 2.2 настоящего отчета. Кроме этого, при установке программного комплекса в каком-либо географическом регионе проверяются: качество проведения географической привязки по двум алгоритмам (ускоренному и точному), точность и подробность нанесения береговой линии для водных объектов региона на спутниковые изображения. В программу заносятся наименования и координаты гидрометеорологических станций, городов и прочих объектов, необходимых для синоптического анализа (рисунок 6).

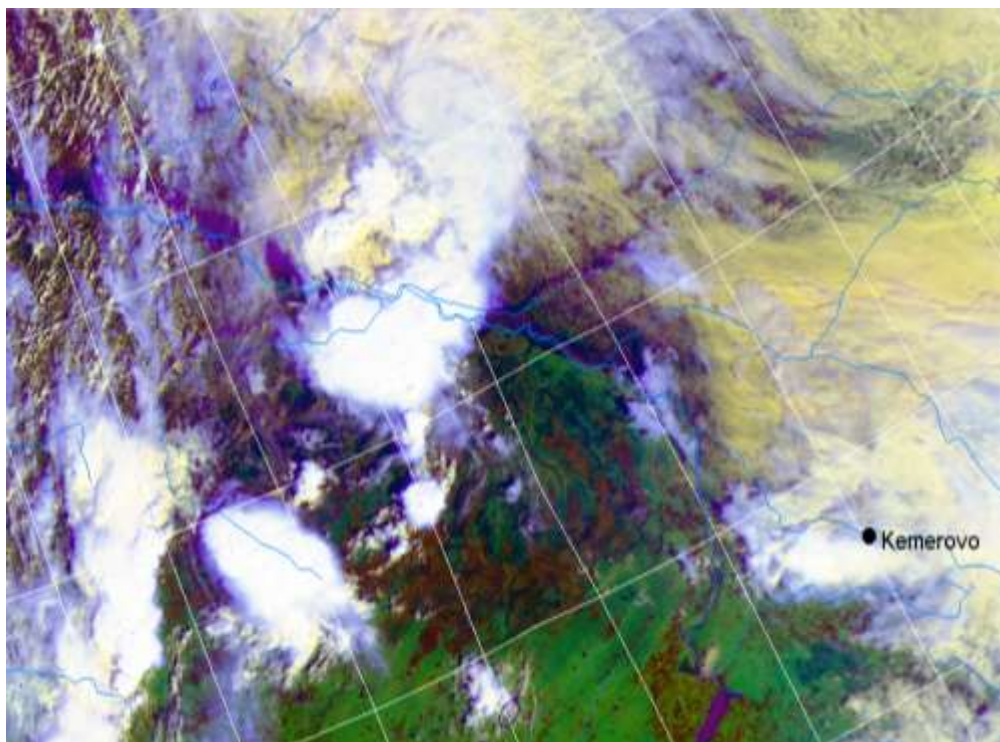


Рисунок 6- Фрагмент спутниковогоRGB изображения 17.06.2007г. 06.14GMT

2.1 Настройка пороговых значений для распознавания поверхностей

При определении пороговых значений для распознавания и отделения *земных поверхностей от облачных* используется процедура пошаговой настройки, начиная от некоторых статистических значений. Так для радиационной температуры 4 канала AVHRR начальные значения выбираются из климатических таблиц [12] для репрезентативных станций в регионе. Таблицы, использованные для Западно-Сибирского региона, представлены в приложении А1,2 настоящего отчета. Они включают многолетние данные средней декадной температуры воздуха по месяцам и многолетние данные осредненной по срокам температуры поверхности почвы по месяцам. В таблицах содержатся данные по двум опорным метеостанциям: для северных территорий Ханты-Мансийского автономного округа - Березово, для юга Западной Сибири – Барабинск. Для 1 канала радиометра AVHRR начальным значением для поиска порогов является коэффициент спектральной яркости (альбедо) 5.0 %.

Поиск оптимальных порогов отделения земной поверхности от облаков происходит на архивном материале. Для этого обрабатываются данные AVHRR за различные сроки приема информации не менее чем 2 летнего периода наблюдений. Обязательным

требованием к архивной информации является наличие всех типов облачности в совокупности обработанных данных.

При проведении выбора пороговых значений используется полученное ранее соотношение между температурой воздуха на метеостанциях региона и соответственной радиационной температурой земной поверхности в ясные дни по данным AVHRR, представленное на рисунке 7. Для регрессионного анализа были отобраны данные со 121 метеостанции, которые оказались репрезентативными для региона из 134 имеющихся станций. Данные были получены в летние месяцы 2001 года. Всего использовалось 1948 пар измерений, множественный коэффициент корреляции составил 0.78. Уравнение линии тренда имеет вид :

$$y = 0,9393x + 5,8528 \quad (1)$$

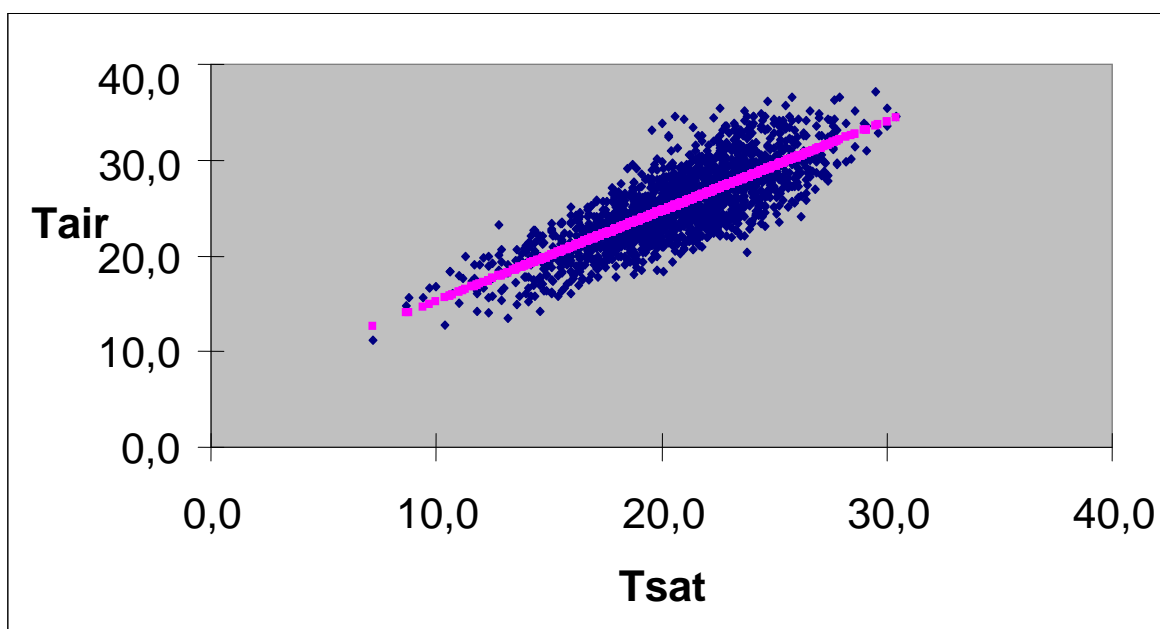


Рисунок 7 - Зависимость между данными по температуре воздуха на метеостанциях Западно-Сибирского региона и радиационной температурой 4 канала AVHRR

После подбора пары пороговых значений в 1 и 4 каналах радиометра, происходит тщательная проверка-тестирование порогов на архивных и текущих спутниковых данных. Полученные пороговые значения разделены на утренние - до 11 часов местного времени (albedoMorn, temperMorn) и дневные - до захода солнца (albedoDay, temperDay). Отдельные группы порогов созданы для июня (06), июля (07) и августа (08). Пороговые значения для мая и сентября разделены по декадам из-за сильной изменчивости как отражательных свойств в видимом диапазоне, так и происходящих быстрых температурных изменений во времени в этот период. Найденные пороги включены в файл пороговых значений и имеют следующие значения:

[Surface threshold]
albedoDay_05=9.5
albedoDay_06=9.0
albedoDay_07=9.5
albedoDay_08=9.0
albedoDay_09=9.5
albedoMorn_05=10.0
albedoMorn_06=6.0
albedoMorn_07=5.5
albedoMorn_08=6.0
albedoMorn_09=10.0
temperDay_05=0.0
temperDay_06=10.0
temperDay_07=18.0
temperDay_08=12.0
temperDay_09=8.0
temperMorn_05=-6.0
temperMorn_06=8.0
temperMorn_07=13.0
temperMorn_08=8.0
temperMorn_09=5.0
; для 1 декады мая использовать temperMorn_05=-6.0, затем заменить на 0.0
; для 3 декады сентября temperMorn_09=4.0, temperDay_09=6.0

Также регионально настраивался порог разности данных в 1 и 2 каналах AVHRR (A12). Его оптимальное значение для летнего периода составило -18. В отдельных случаях было рекомендовано изменять его значение от 0 до -45. Этот порог отвечает за отделение суши от водной поверхности и косвенным образом его использование маскирует облачные тени.

Климатическая информация для распознавания облачных кластеров была подобрана на основе обобщения статистического материала независимых данных самолетного зондирования Нвго [6]. Эти данные представлены в таблице 2. К сожалению, подобная информация о высоте ВГО имеется только для юга Западной Сибири, поэтому при классификации облачности в северных районах обслуживаемой территории операторам следует учитывать, что Н вго уменьшается от низких широт к высоким. Поэтому по необходимости в автоматическое распознавание облачности нужно вносить соответствующие корректировки вручную.

Таблица 2 - Медианные значения высоты верхней границы облаков и оценка стандартного отклонения по региону юга Западной Сибири

Тип облачности	Высота верхней границы облаков	Стандартное отклонение
Слоистые и слоисто-кучевые	1.6	0.5
Слоисто-дождевые	2.6	1.4
Высоко-слоистые и высоко-кучевые	3.7	1.3
Кучевые плоские	0.6-2.5	-
Кучевые средние и мощные	1.8-4.6	-
Перистые (плотные)	5.0	-
Туман	0.9	-

Остальные пороговые величины, используемые в технологии обработки спутниковой информации, не подвергались региональной адаптации по причинам устойчивости или отсутствия эмпирических данных для настройки.

2.2 Верификация результатов, полученных по спутниковым данным, с данными наземных наблюдений

Большой объем работ по верификации данных, получаемых по спутниковым данным, с данными наземных измерений был проведен на архивном материале и в режиме текущей обработки информации. Поскольку основное внимание при проведении анализа облачности по спутниковым данным уделялось *конвективным* облакам и опасным явлениям, которые они вызывают, то для этих типов облачности производилась верификация правильного обнаружения.

Привлекались данные с наземной гидрометеорологической сети, данные с метеорологического радиолокатора аэропорта Толмачево, анализ синоптических ситуаций.

2.2.1 Кучево-дождевые облака

Для проверки спутниковых данных использовались наблюдения с гидрометеорологической наземной сети по Новосибирской области. В таблице 3 показаны результаты проведенной верификации. Всего за сезон процент совпадений по распознаванию кучево-дождевой и кучевой облачности оказался одинаков и равен 76 %. Это достаточно высокий процент совпадений, но следует учесть, что пороги по определению кучево-дождевых облаков не проходили процесса региональной адаптации из-за недостатка исходной сетевой информации и методического обеспечения этой задачи.

Таблица 3 -Результаты идентификации типов конвективных облаков по технологии обработки спутниковых данных и по наземным данным ГМС

Тип облачности	Число пар	Число случаев совпадений наземных и спутниковых данных	Процент совпадений
Июнь 2007			
<i>Кучево-дождевая</i>	116	95	82
<i>Кучевая</i>	99	73	74
Июль 2007			
<i>Кучево-дождевая</i>	200	144	72
<i>Кучевая</i>	114	89	78
Всего за сезон			
<i>Кучево-дождевая</i>	316	239	76
<i>Кучевая</i>	213	162	76

По результатам проведенной идентификации предложено изменить пороги для распознавания кучево-дождевых облаков, а именно, уменьшить высоту верхней границы облачности с 4, 7 км. Порог будет уточнен пошаговой методикой на архивном материале Западно-Сибирского РЦПОД к новому сезону оперативной работы.

В рамках данной НИР была проведена работа по поиску новых порогов для распознавания кучево-дождевых облаков. На основании зарубежных исследований [14-21] разность радиационных температур в 3и 4, 4и5, 3и5, 3 и5 каналах принято считать идентификаторами обнаружения различных облачных типов из-за чувствительности этих каналов к микрофизическим свойствам ледяной и водной фракций верхней границы облаков. Был выбран порог, рассчитанный как разность температур в 3 и 4 каналах (Т3-Т4). В приложении Г показан образец заполнения таблицы для сопоставления данных спутникового зондирования с наземными наблюдениями и синоптическим анализом.

Такие таблицы были составлены для летних месяцев июнь - август 2005 и 2006 г. Они содержат данные по 124 станциям Западной Сибири. В них включены расчеты по

спутниковым данным (NOAA/AVHRR): тип облачности, Н вго, температура верхней границы облачности (Т вго или Т4), оценка водозапаса (LWP), разность температур в 3 и 4 каналах (Т3-Т4). По наземной сети данных в таблицу вошли: осадки и погода в срок наблюдения, близкий ко времени пролета спутника, синоптическая ситуация (холодный фронт, теплый фронт и пр.).

Поскольку акцент оперативной работы в летний период делается на обнаружение и анализ кучево-дождевых облаков, то в результате произведенной выборки для этого типа облаков бала получена обобщенная таблица по всем месяцам и станциям из 1953 наборов данных. Далее рассмотрим некоторые результаты статистического анализа этой выборки.

Не полная укомплектованность данными наземной сети и выбраковка данных по недействующему в настоящий момент спутнику NOAA 12, позволила работать по кучево-дождевой облачности с 1038 наборами данных. В основном весь набор данных собран для спутника NOAA 15, так как его время пролета наиболее близко со сроками получения данных об осадках на сети. На рисунке 12 а) представлена гистограмма для значений Т3-Т4 кучево-дождевых облаков. Следует подчеркнуть, что в качестве данных 3 канала радиометра

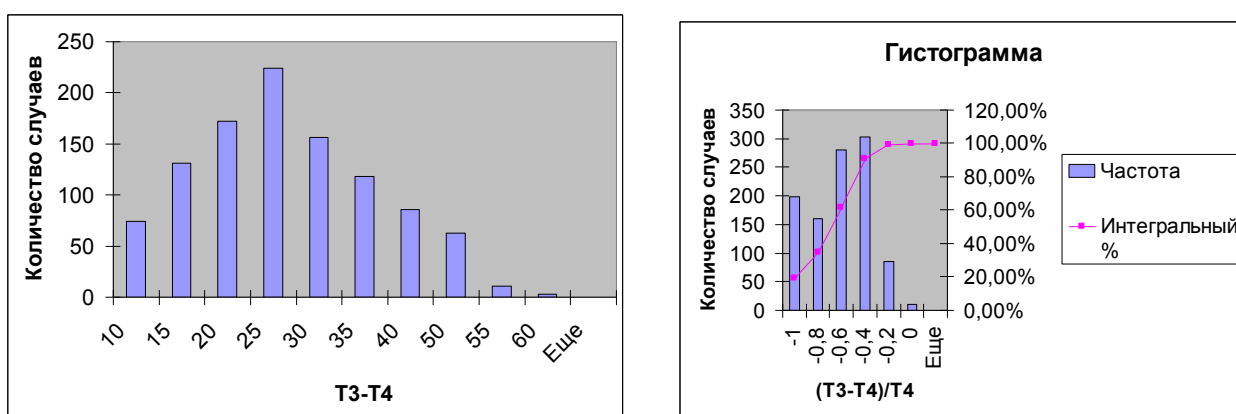


Рисунок 12- Гистограммы кучево-дождевых облаков по характеристикам а) Т3-Т4; б) (Т3-Т4)/Т4, июнь-август 2005, 2006гг.

используются данные в диапазоне 3.55- 3.93 мкм. Параметр Т3-Т4 занимает достаточно большой диапазон значений от 10 до 60. Поэтому был опробован еще один параметр (Т3-Т4)/Т4, который для кучево-дождевой облачности может стать дополнительным опознавательным признаком: все его значения, судя по гистограмме на рисунке 12 б), расположились в узком диапазоне от 0 до -1.

Именно для кучево-дождевых облаков, чьи вершины лежат в диапазоне отрицательных значений Т4, использование найденного критерия можно считать правомерным (избегая деление на 0). Для примера на рисунке 13 приводится аналогичная гистограмма,

рассчитанная для кучевых, слоисто-кучевых, слоисто-дождевых облаков (всего 631 значение критерия) за июнь 2005 года. При диапазоне значений критерия $(T3-T4)/T4$ от -20 до 20 и выше, наблюдаются два пика значений в области -3 -+1, которые перекрывают всю зону значений этого критерия для кучево-дождевых облаков. Скорее всего, это связано с наличием в выборке большого количества кучевых мощных облаков. Требуются дальнейшие исследования по идентификации каждого облачного типа отдельно, что в рамках этой НИР сделать не удалось. В совокупности с используемыми пороговыми значениями по 1 видимому каналу радиометра найденный критерий обещает дать надежные результаты для идентификации кучево-дождевых облаков.

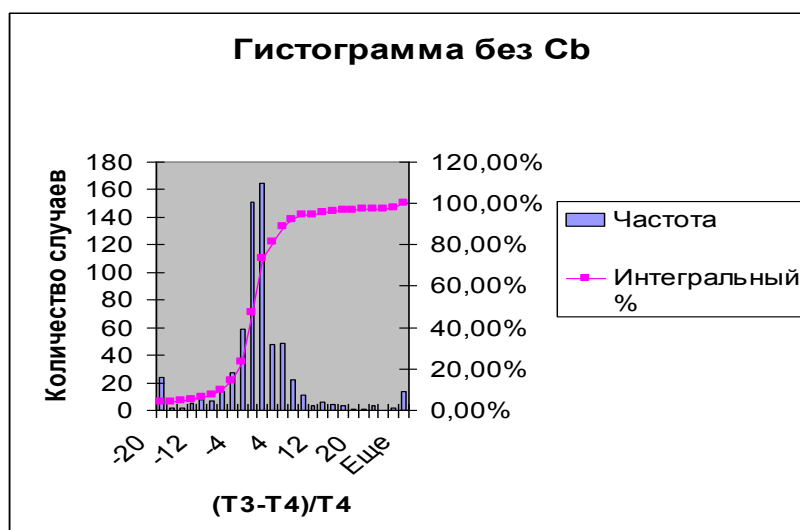


Рисунок 13 – Гистограмма кучевых и осадкообразующих облаков нижнего яруса по критерию $(T3-T4)/T4$, июнь 2005г.

Отдельно составлялась гистограмма для грозовых кучево-дождевых облаков (всего 154 случая). Как видно из сопоставления рисунков 12 б) и 14, все случаи с грозой лежат в диапазоне значений по критерию $(T3-T4)/T4$ для кучево-дождевых облаков с аналогичными

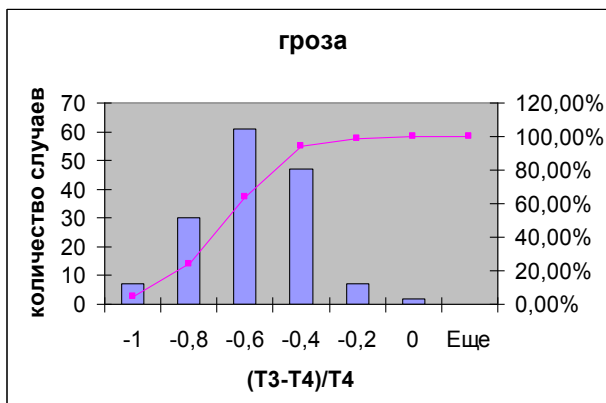


Рисунок 14 - Гистограмма критерия $(T3-T4)/T4$ для грозовых кучево-дождевых облаков, июнь-август 2005, 2006гг.

пиками. Этот критерий не поможет создать порог по распознаванию грозовых очагов по спутниковой информации.

Не удалось найти зависимости между оценкой водозапаса кучево-дождевых облаков и количеством осадков, измеренных на сети гидрометеорологических станций.

Распределение точек в плоскости признаков носит хаотичный характер (рисунок 15). На первый взгляд зависимость количества осадков от водозапаса облаков кажется очевидной. Но весь вопрос в методической неувязке динамической (меняющейся) движущейся облачной среды и моментальной съемкой ее состояния (водозапаса) со спутника с измерениями на очень разреженной сети станций. Мезомасштабная облачность «проваливается» в сетку станций, а зафиксированный над станцией водозапас

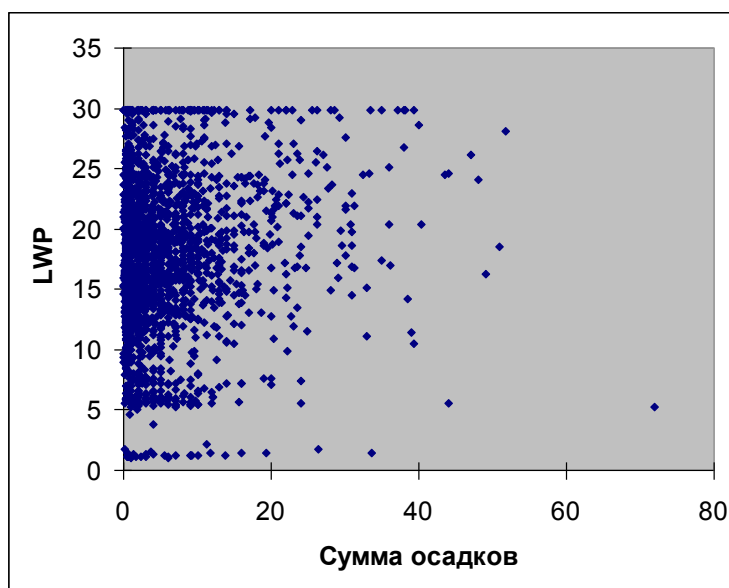


Рисунок 15 – Соответствие оценки водозапаса по спутниковым данным количеству осадков по сети наземных станций для кучево-дождевых облаков, июнь-август 2005, 2006гг.

развивающегося облака дает осадки уже в другом месте.

Возможно, верификацию оценки водозапаса по спутниковым данным удастся провести по данным СВЧ приборов наземного базирования в скором будущем.

2.2.2 Высота ВГО

В стандартной версии технологии анализа облачности по спутниковым данным для расчета Нвго применяется среднезональная статистическая модель высотного распределения температуры для умеренных (30-60°) широт. Верификация данных, рассчитанных по этой модели, с данными МРЛ "МЕРКОМ-А" для аэропорта Толмачево летом 2006г. показала хорошие результаты. На рисунке 8 показаны результаты регрессионного анализа.

Спутниковая информация принималась на программно – аппаратный Комплекс «AlkorSat» и обрабатывалась специалистами Новосибирского РЦПОД. Чтобы избежать ошибок при обработке снимков на краю витков, использовались спутниковые данные только с высоких орбит (выше 50 градусов). Район обзора охватывал зону радиусом 75 км от МРЛ аэропорта Толмачёво.

При проведении анализа использовались значения Нвго, полученные только по кучево-дождевым облакам. Кучевая и кучево-дождевая облачность отбиралась по критериям погодных явлений: гроза, дождь, град, т. е. приводящая к опасным явлениям периода июнь-август 2006 года. Учет интенсивности явлений производился по градациям: слабая, умеренная, сильная, используемых при обработке данных МРЛ. Данные по Нвго восстанавливаются с точностью 1 км обоими методами. В приложении Б представлен фрагмент заполненной таблицы. Временной интервал в приеме информации с систем дистанционного зондирования не превышал 20 минут.

Всего получено 305 пар наблюдений. Регрессионная статистика: множественный коэффициент корреляции – 0,902, стандартная ошибка -1.2 км, нормированный R^2 (коэффициент достоверности аппроксимации) -0,82, доверительный интервал – 95 %. Получена линейная аппроксимация с высоким коэффициентом достоверности (0,82). Стандартная ошибка сопоставима с точностью восстановления высоты ВГО.

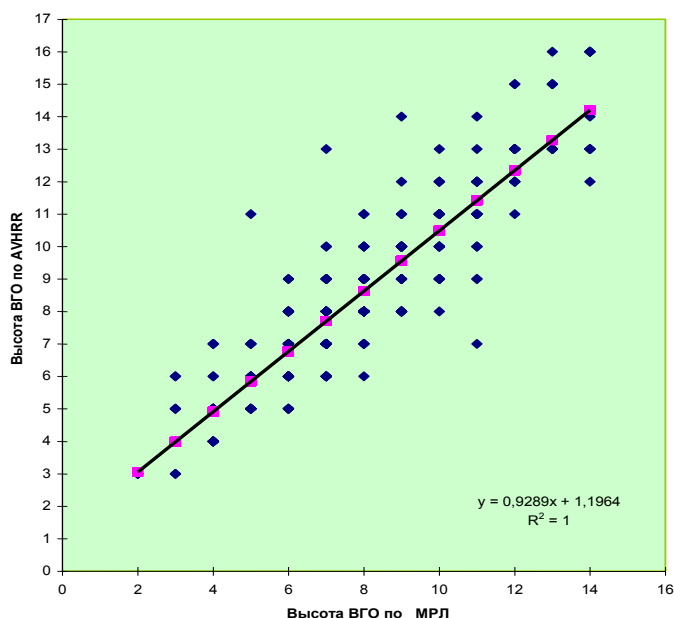
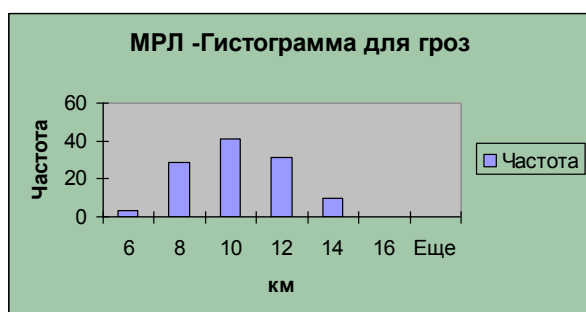


Рисунок 8 - Сравнение высоты ВГО, полученной по спутниковым данным, с высотой ВГО по данным МРЛ летом 2006г.

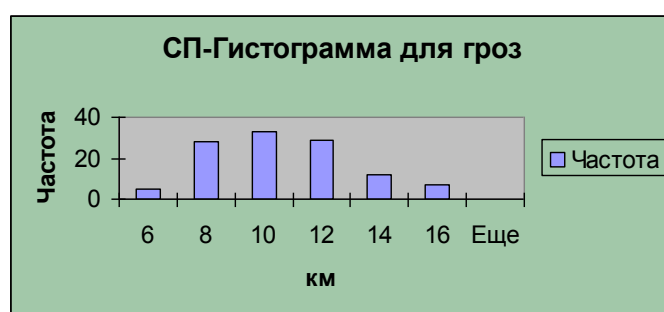
Наиболее часто, в 65 % случаев, Нвго по спутниковым данным превышает аналогичные значения по МРЛ на 1-2 км. И только в 15 % случаев Нвго по МРЛ превышает

Нвго по спутниковым данным. Скорее всего, этот факт объясняется различиями в самом понятии «высоты ВГО» и методах восстановления этой характеристики для названных способов дистанционного зондирования облаков.

Замечены также особенности в распределении Нвго для грозовых облаков. Как видно из рисунков 9 а), 9 б), ярко выраженный максимум повторяемости (41 значение) приходится на диапазон 10-11 км по данным МРЛ, в то время как по спутниковым данным до высоты 10 км распределение схожее с МРЛ, а после происходит перераспределение в область больших высот.



а)



б)

Рисунок 9 – Гистограммы высоты верхней границы кучево-дождевых облаков с грозами по данным: а) МРЛ, б) – спутникового зондирования

Интересно заметить, что, как показано на рисунке 10, Нвго градовых облаков превышает, кроме одного случая, отметку в 12 км по обеим системам зондирования.

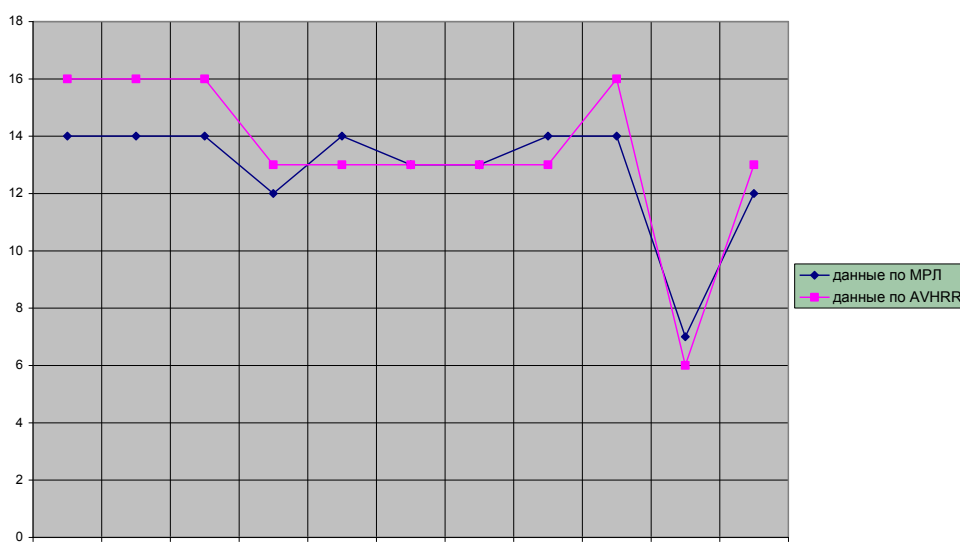


Рисунок 10 - Высота ВГ для кучево-дождевых облаков с градом

Для расчета Нвго в летний период 2007 года на основе данных аэрологического зондирования были построены региональные профили температуры. Для этого

использовались данные из таблиц месячных итогов радиозондовых наблюдений по станции Новосибирск за период 1999-2006, образец таблицы представлен в приложении В. Были рассчитаны средние за 8 лет вертикальные профили температуры по месяцам май-сентябрь, которые и использовались в оперативной работе Западно-Сибирского РЦПОД.

Аналогичная работа по верификации Нвго, рассчитанной по спутниковым данным на основе региональных профилей температуры, с Нвго, полученной по данным МРЛ была проведена для аэропорта Толмачево для летнего периода 2007г. Результаты верификации представлены на рисунке 11. Всего использовалось 189 пар наблюдений. Коэффициент корреляции составил 0,92. Были выбракованы данные, восстановленные по спутниковым наблюдениям для критических температур (ниже температуры тропопаузы). Как следствие проведенной верификации была устранена ошибка, связанная с завышением высоты ВГО, рассчитываемой по алгоритмам технологии обработки данных. Алгоритм расчета был уточнен.

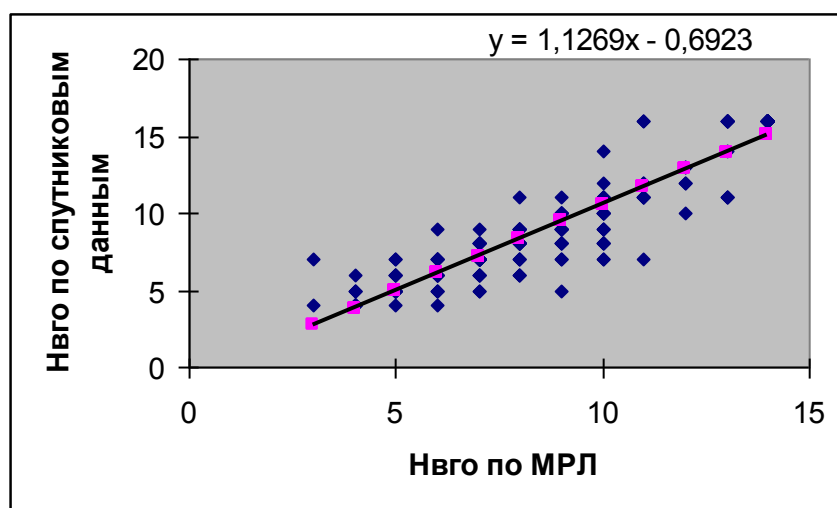


Рисунок 11 - Сравнение высоты ВГО, полученной по спутниковым данным, с высотой ВГО по данным МРЛ летом 2007г.

Введение вертикальных региональных профилей для расчета Нвго сделало более достоверными результаты 2007г, что подтверждает сравнение результатов регрессионного анализа (рисунок 8 и рисунок 11).

3 ДОВЕДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ДО РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Результаты обработки спутниковой информации NOAA/AVHRR года, получаемые в Западно-Сибирском РЦПОД в летний период 2007 года, доставлялись региональным потребителям в 10 организаций Росгидромета (рисунок 16). Среди потребителей – АМСГ аэропорта Толмачево и АНО «Метеоагентство Ханты-Мансийска». В 2007 году впервые начато систематическое обслуживание результатами данной технологии обработки спутниковой информации авиапредприятий. Режим обслуживания - с 00час до 14час GMT; время обработки и доставки данных – 30 минут; периодичность -1.5-2 часа с четырёх спутников серии NOAA. Спутниковые данные в АМСГ используются для:

- составления всех видов прогнозов, в том числе карт АКП,
- консультации экипажей ВС,
- консультации диспетчерского состава.

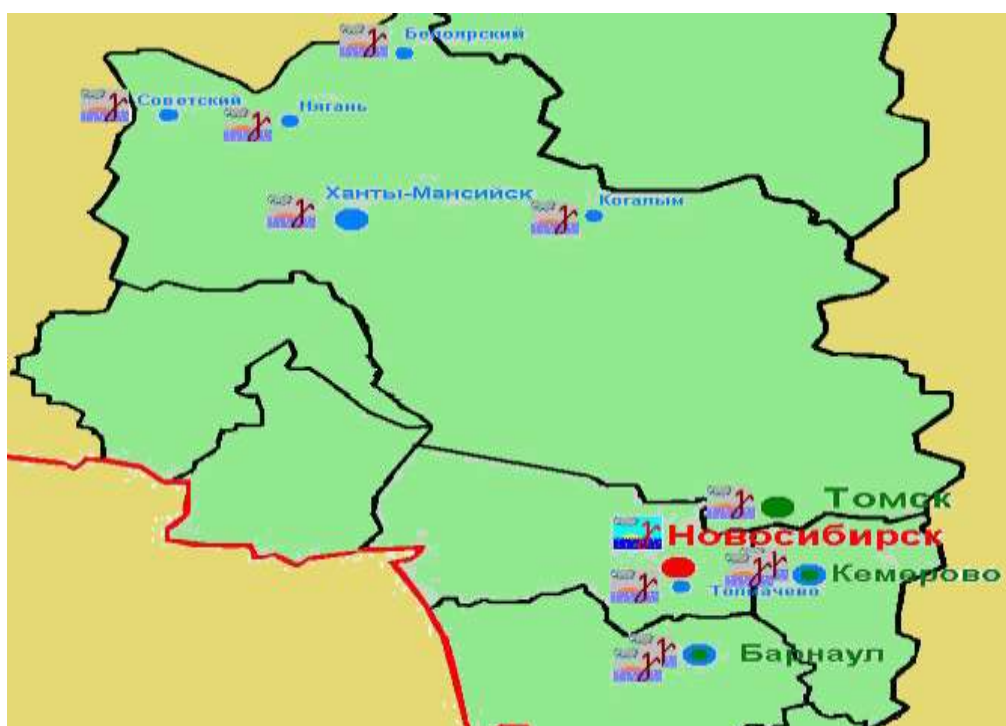


Рисунок 16 - Карта-схема удаленных пользователей результатами обработки спутниковой информации Западно-Сибирского РЦПОД

3.1 Удаленное использование результатов тематической обработки спутниковой информации

Для передачи результатов тематической обработки спутниковой информации на расстояния в рамках данной НИР была разработана специальная технология.

Программа обработки спутниковой информации предусматривает возможность повторной загрузки ранее выполненных расчетов гидрометеорологических параметров атмосферы (результатов тематической обработки спутниковой информации). В локальной сети для этого вновь открывается фрагмент файла со спутниковой информацией, и программа подключает, соответствующие ему результаты расчета.

Для передачи результатов тематической обработки удаленному потребителю формируется пакет данных в формате GDF (MeteoGamma Data File). Пакет содержит минимальную необходимую удаленному потребителю информацию. Исходная спутниковая информация в пакет не включена, что способствует сокращению его размера. Для дополнительного сокращения размера пакета предусмотрена возможность использования внешнего архиватора “RAR”. Во время архивации программа использует опции, обеспечивающие включение в архив информации для восстановления. Эта информация используется архиватором в случае повреждения архива при пересылке.

Состав включаемой в пакет информации и способ архивации, определяется оператором вызовом диалога из меню “Настройка / Сохранение в архиве” (рисунок 17).

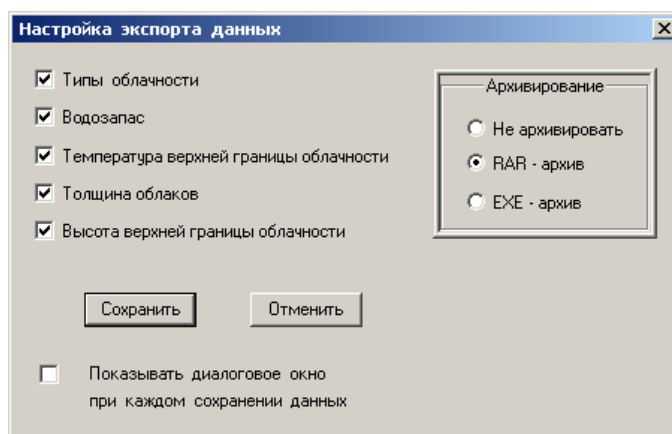


Рисунок 17 – Вид панели настройки экспорта данных

Формирование пакета выполняется по команде “Действия / Сохранить в архиве”.

Перед использованием на удаленном компьютере данные должны быть разархивированы.

На удаленный компьютер устанавливается специально настроенная облегченная версия программы просмотра. Работа с результатами тематической обработки в этой версии программы ничем не отличается от работы в основной версии программы.

3.2 Представление результатов в картографической проекции

В рамках сотрудничества по тематике данной НИР разработана версия специального программного обеспечения (СПО) «Варяг 755», которая включает построение картографической проекции «Универсальная полярная стереографическая проекция».

Данная проекция, в часто применяемом виде проектирования сферы на плоскость, обладает следующими замечательными свойствами: при этом проектировании углы между линиями на сфере изображаются равными им углам между линиями на плоскости, а круги на сфере изображаются кругами и прямыми на плоскости.

Использование универсальной полярной стереографической проекции позволяет минимизировать ошибки проектирования и оптимальным образом представить результаты обработки спутниковой информации. На рисунке 18 представлены результаты обработки спутниковой информации в разработанной стереографической проекции.

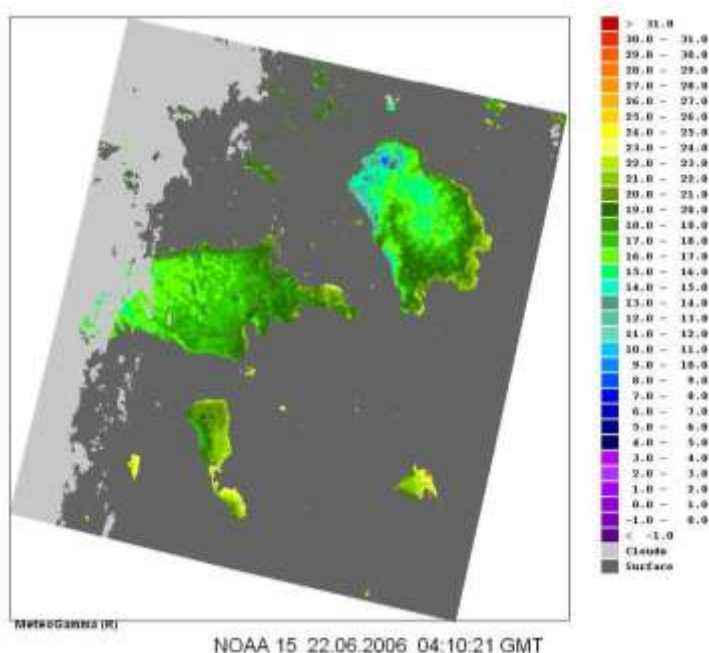


Рисунок 18 – Температура поверхности воды Финского залива и Ладожского озера

Для Западно-Сибирского региона параметры универсальной полярной стереографической проекции будут следующими:

Центральный меридиан - 80E;

Эллипсоид – WGS84;

Масштабный коэффициент –1;

Scale factor – 0.994.

В настоящее время версия СПО «Варяг 755», включающая построение картографической проекции «Универсальная полярная стереографическая проекция», проходит апробацию в Санкт-Петербургском ЦГМС-Р.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной НИР была проведена региональная адаптация технологии обработки спутниковой информации NOAA /AVHRR к условиям региона, обслуживаемого ЗС УГМС. Требования к региональной адаптации данной технологии были систематизированы и методом пошаговой настройки были найдены пороговые значения для процедур распознавания облачности и земной поверхности. Результаты обработки спутниковой информации для заданного региона соответствуют климатическим оценкам облачности по региону, и в основном, удовлетворяют пользователей. Технология обработки спутниковой информации была внедрена в оперативную практику Западно-Сибирского РЦПОД и успешно эксплуатировалась в период с мая по сентябрь 2007г.

Работы, проведенные в СибНИГМИ по данной теме, позволили существенно скорректировать алгоритмы технологии оценки состояния облачности, так как впервые использовались статистические профили температуры для восстановления высоты верхней границы облаков. Была проведена верификация данных о высоте верхней границы облачности с данными МРЛ, которая показала хорошее соответствие со стандартной ошибкой в пределах 1 км.

Верификация данных о распознавании кучевой и кучево-дождевой облачности по технологии обработки спутниковой информации с данными по станциям ГМС показала 76 % уровень совпадений. На основании этого вывода скорректирован порог по высоте ВГО для распознавания кучево-дождевых облаков. В результате работ по верификации данных найден новый критерий, который способен улучшить идентификацию кучево-дождевых облаков.

Впервые разработана технология удаленного использования результатов тематической обработки спутниковой информации. В летний период 2007 г. благодаря этой технологии 10 региональных пользователей на территории Западной Сибири получили оперативный доступ к результатам анализа облачности, проводимого в Западно-Сибирском РЦПОД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Санкт-Петербургский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (Санкт-Петербургский ЦГМС-Р). Отчет по НИР по программе Союзного государства "Совершенствование и развитие единой технологии получения, сбора, анализа и прогноза, хранения и распространения гидрометеорологической информации и данных о загрязнении природной среды", проект 4.3.11.2004.
- 2 Kondratiev A., Chichkova E., 2002: 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
- 3 Буланов С.Н., Ларина Э.Л., Кондратьев А.В., Чичкова Е.Ф.: Система обработки спутниковой информации «Варяг», используемая в оперативной практике Северо-Западного управления гидрометслужбы // Тезисы докладов первой международной конференции «Земля из космоса – наиболее эффективные решения», 26-28 ноября 2003г.
- 4 NOAA KLM User's Guide. - <http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/>.
- 5 Институт оптики атмосферы СО АН СССР. Заключительный отчет по НИР «Атмосфера -К1», т.2, 1989.
- 6 Облака и облачная атмосфера. Справочник, 1989, под ред. Мазина И.П., Хргиана А.Х., Л: Гидрометеиздат-647с.
- 7 Зуев В.Е., Комаров В.С.: Статистические модели температуры и газовых компонент атмосферы.- Ленинград: Гидрометеиздат-264с.
- 8 Chichkova E., Itkin M.: Analysis of severe storms in summer time in the Northwest region of Russian Federation using satellite data- www.niersc.spb.ru/isrse/download/31_ISRSE_FinalProgram.pdf
- 9 Stephens, G.L., 1978: Radiation profiles in extended water clouds. II: Parameterization schemes. *J. Atm. Sci.*, 35, p.2123-2132
- 10 Синькевич А.А., 2001: Конвективные облака Северо-запада России, СПб: Гидрометеиздат- 107с.
- 11 Герман М.А. Спутниковая метеорология, 1975, Л: Гидрометеиздат-367 с.
- 12 Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 3 «Многолетние данные», части 1-6, выпуск 20, (Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край). Ленинград, Гидрометеиздат 1993г.
- 13 Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 3 «Многолетние данные», части 1-6, выпуск 17, (Тюменская и Омская области) Санкт-Петербург, Гидрометеиздат 1998г.

- 14 Inoue, T., 1987: Cloud type classification with NOAA 7 split-window measurements. *J. Geophys. Res.*, 92(D4), p.3991-4000.
- 15 Rossow, W.B. and Garder, L.C.1993a: Cloud detection using satellite measurements of infrared and visible radiances for ISCCP. *J.Climate*, 6, 2341-2369.
- 16 Rossow, W.B. and Schiffer, R.A., 1999: Advances in understanding clouds from ISCCP, *Bull.Amer. Meteor. Soc.*, 80,2261-2287.
- 17 Saunders, R. W. and K. T. Kriebel, 1988: An improved method for detecting clear sky and cloud radiances from AVHRR. *International Journal of Remote Sensing*, 9(1), 123-150
- 18 Derrien, M., Farki, B., Harang, L., LeGleau, H., Noyalet, A., Pochic, D. and Sairouni, A., 1993: Automatic cloud detection applied to NOAA-11/ AVHRR imagery, *Rem. Sens. of Env.*, 46, 246-267.
- 19 Derrien, M. and H. Le Gléau, 1999: Cloud classification extracted from AVHRR and GOES imagery. Proceedings of the 1999 EUMETSAT Meteorological Satellite Data Users' conference, Copenhagen, Denmark.
- 20 Karlsson, K-G. 1996: Cloud classification with the SCANDIA model. Tech.Rep.67, SMHI.
- 21 Key, J., 2002, The cloud and surface parameter retrieval (CASPR) system for polar AVHRR, Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, University of Wisconsin, Madison, 59 pp.

ПРИЛОЖЕНИЕ А1

Климатические данные по ст. Барабинск (НСО)

Табл. 2.19

Средняя декадная температура воздуха (С°), вычисленная по имеющемуся ряду наблюдений на станции за период 1881-1980 гг. Статистическая ошибка расчёта 0.2-0.7°С

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-19.8	-19.3	-15.2	-3.3	7.3	15.0	18.5	17.2	11.8	4.5	-5.9	-15.1
2	-20.1	-18.3	-12.2	0.5	10.1	16.5	18.7	15.6	9.8	1.0	-9.3	-17.2
3	-19.9	-16.8	-8.2	4.2	12.8	17.6	18.4	13.8	7.6	-2.2	-12.6	-18.8

Средняя декадная температура поверхности почвы(С°)

Табл.2.36

Осреднение результатов наблюдений за период 1963-1980г.

Стат.ошибка расчетов колеблется от 1°-2°С

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-18	-21	-17	-4	9	19	24	19	13	4	-7	-16
2	-21	-20	-11	2	12	22	24	18	11	1	-8	-16
3	-24	-18	-6	6	16	23	22	15	8	-2	-11	-19

ПРИЛОЖЕНИЕ А2

Климатические данные по ст.Березово (ХМАО)

Табл. 2.19

Средняя декадная температура воздуха (С°), вычисленная по имеющемуся ряду наблюдений на станции за период 1891-1980 гг. Статистическая ошибка расчёта 0.3-1.3°С

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-22.0	-21.5	-16.0	-7.6	0.8	8.2	15.5	15.0	9.1	1.0	-10.3	-18.4
2	-22.4	-19.9	-13.7	-4.3	2.9	11.2	16.0	13.0	6.8	-2.8	-13.5	-19.7
3	-22.5	-18.0	-10.5	-1.0	5.0	14.2	16.2	11.0	4.5	-6.6	-16.1	-21.0

Средняя декадная температура поверхности почвы(С°)

Осреднение результатов наблюдений за период 1963-1980г.

Стат.ошибка расчетов колеблется от 0. 4° до 1.7°С.

Табл.2.36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-24	-25	-17	-8	0	10	20	16	9	0	-13	-20
2	-24	-24	-14	-5	3	13	19	14	8	-4	-14	-20
3	-27	-18	-11	-3	7	17	18	11	4	-8	-16	-21

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Образец заполнения таблицы по данным о высоте верхней границы облаков, полученных по МРЛ и по спутниковому зондированию для аэропорта Толмачево, август 2006г.

09.08.2006 ВГО	
МРЛ	ДДЗ
08ч17м	07ч58м
5д4	6.3
5д4	6.6
6гз4	5.5
11ч18м	11ч04м
8гз4	7.0
6д4	4.9
7.0	7.4
6д4	7.4
11ч18м	11ч36м
8гз4	7.0
6.0	6.2
6д4	6.6

10.08.2006 ВГО	
МРЛ	ДДЗ
05ч23м	05ч40м
4д2	4.3
5д4	4.9
08ч16м	07ч47м
7д4	6.1
4д2	4.2
6д4	4.9
11ч15м	11ч12м
10гз4	10.0
9гз4	8.8
6д2	6.4
10ч54м	10ч39м
9гз4	9.7
10гз4	8.6

11.08.2006 ВГО	
МРЛ	ДДЗ
00ч18м	00ч27м
4д4	4.2
3д2	2.9
5д4	5.6
05ч15м	05ч17м
4д2	3.8
4.0	4.0
4.0	4.0
07ч16м	07ч36м
3д4	3.6
3д2	3.1
4.0	4.0
10ч18м	10ч15м
10гз4	9.1
8д2	8.3
7гз4	7.5
8гз4	7.7

12.08.2006 ВГО	
МРЛ	ДДЗ
05ч15м	04ч53м
6гз4	5.1
7.0	6.1

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица месячных итогов радиозондовых наблюдений

Станция: Новосибирск номер 29634 2003 Май

	Уровень Станции	Стандартные изобарические поверхности (ГПА)														При меча ния
		925	850	700	500	400	300	200	150	100	70	50	30	20	10	
Давление		Геопотенциал														
Среднее	1010	781	1474	3028	5600	7216	9181	11802	13658	16283	18597	20796	24154	26849	/	
Количество	24	24	24	24	22	22	22	20	20	19	18	17	15	11	0	
		Температура														
Среднее	15,1	9,1	4,0	-3,9	-20,2	-32,2	-46,9	-54,6	-51,8	-51,9	-51,0	-49,8	-48,8	-45,1	/	
Количество	24	17	23	24	22	22	22	20	20	19	18	17	15	11	0	
		Дефицит точки росы														
Среднее	12,9	12,6	11,8	12,7	10,7	9,7	8,1	8,5	10,3	11,2	12,6	13,7	14,7	16,0	/	
Количество	24	24	24	24	22	22	22	20	20	18	17	16	14	11	0	
		Скорость ветра														
Среднее	3	7	8	12	17	20	23	18	12	8	6	5	6	10	/	
Количество	24	24	24	24	22	22	22	20	20	19	18	17	11	10	0	
		Направление и скорость результирующего ветра														
Направление	287	276	271	280	276	274	276	280	284	292	320	15	75	71	/	
Скорость	1	3	5	10	14	17	18	15	10	6	3	2	4	9	/	
Количество	24	24	24	24	22	22	22	20	20	19	18	17	11	10	0	
		Параметр устойчивости														
%%	26	40	62	79	82	82	82	85	86	81	59	48	76	95	/	
Количество	24	24	24	24	22	22	22	20	20	19	18	17	11	10	0	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Образец заполнения таблицы результатами обработки спутниковой NOAA/AVHRR информации по станциям НСО, данными наземных наблюдений ГМС и синоптического анализа

Название станции	NOAA 12 20050531 23:44					Осадки в срок 00 0106	Погода в срок 00 0106	Синоптическая ситуация
	Тип	Н вго	Т вго	LWP	T3-T4			
Напас	--	--	--	--	--	0,3	2	хф
Новокузнецк	--	--	--	--	--	8	2	фо
Новый Васюган	Cu	5.6	-12.8	4.5	5.9	0,7	2	хф
Ак-Кем	--	--	--	--	--	20,7	81	вхф
Алейская	--	--	--	--	--	5,6	2	
Александровское	--	--	--	--	--		2	
Барабинск	Cu	6.6	-21.3	5.5	3.8	1,1	2	хф
Барзас	Cb	7.4	-26.8	16.0	1.1	1,4	80	фо
Барнаул	Cu	4.9	-9.1	3.9	5.9	1,6	25	фо
Баган	--	--	--	--	--	2,6	80	хф
Баево	Cu	5.2	-10.8	4.2	6.0	10,1	80	фо
Бакчар	--	--	--	--	--	1	2	хф
Батурино	--	--	--	--	--		2	
Березовка	--	--	--	--	--	1,7	2	хф
Белово	--	--	--	--	--	4,3	25	фо
Бийск	--	--	--	--	--	12,9	1	вхф
Бийск-Зональная	--	--	--	--	--	8,7	2	вхф
Благовещенка	Cu	4.9	-8.7	3.8	17.1	5,9	2	вхф
Болотное	Cu	5.7	-14.2	4.7	6.3	1,4	80	хф
Ванжиль-Кынак	--	--	--	--	--		2	
Венгерово	Cu	6.5	-19.8	5.4	2.1		2	
Волчиха	Sc/St	3.7	-1.4	0.4	11.3	1,2	2	вхф
Горно-Алтайск	--	--	--	--	--	3,6	2	вхф
Горняк	--	--	--	--	--	3	2	вхф
Довольное	Cb	8.3	-33.4	18.2	3.1	4,6	80	хф
Заринск	--	--	--	--	--	2,8	80	вхф
Здвинск	Cb	8.2	-32.9	17.9	2.6	1,8	80	хф
Змеиногорск	--	--	--	--	--	3,4	2	вхф
Искитим	Sc/St	3.9	-3.3	0.6	1.4	17,2	80	хф
Крапивино	Cb	8.0	-31.4	17.4	10.9	2,1	25	фо
Красное	Cu	4.3	-5.5	3.3	12.1	7,2	25	фо
Краснозерск	Cu	5.7	-14.0	4.6	0.5	6,4	80	хф
Краснощеково	Sc/St	3.5	0.1	0.4	11.2	2,8	2	вхф
Крещенка	Cb	7.9	-30.7	17.3	7.6		2	
Кара-Тюрек	--	--	--	--	--	3,6	85	вхф
Карасук	Cu	6.5	-20.1	5.4	2.1	7,7	80	хф
Каргасок	--	--	--	--	--	0	2	
Каргат	Cu	7.7	-29.5	6.7	8.5	0,1	80	
Камень-на-Оби	Cu	5.7	-14.2	4.7	7.6	8,4	61	вхф
Катанда	--	--	--	--	--	11,2	2	вхф
Квашино	Cu	7.4	-27.1	6.4	5.4	1,1	81	хф