

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ФГБУ «СибНИГМИ»)

УДК

N гос.регистрации 01201180379

Инв. N



УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
ФГБУ «СибНИГМИ»  
доктор физико-математических наук  
Крупчатников В.Н.  
г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка WEB-технологий для коллективной оперативной работы и повышения  
квалификации синоптиков  
(заключительный)

Тема 1.1.11.4

Ответственный исполнитель темы  
Зав.отделом ФГБУ «СибНИГМИ»

В.М.Токарев

Новосибирск 2013

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зав.отделом  
(ФГБУ «СибНИГМИ»)



В.М.Токарев  
научное руководство, постановка задач,  
координация работ, программирование  
отрисовки карт в среде GMT

Зав. лабораторией  
канд. техн. наук  
(СибНИГМИ)



А.Б.Колкер  
разработка, программирование подсистемы  
приема-усвоения данных в формате ГРИБ,  
сопровождение баз данных

Старший научный  
сотрудник  
канд.техн.наук  
(СибНИГМИ)



А.В. Гочаков  
разработка, программирование клиентской  
части системы визуализации, WEB-ГИС  
сервисов

Ведущий  
инженер-программист  
(СибНИГМИ)



М.С. Котов  
разработка, программирование клиентской  
части системы визуализации, WEB-ГИС  
сервисов

Нормоконтролер



Т.П. Панькова

## РЕФЕРАТ

Отчет с. 35, рис. 9, табл. 0, приложений 3, источников 3.

### КЛИЕНТ-СЕРВЕР, ВЕБ-ГИС ТЕХНОЛОГИИ, МЕТЕОРОЛОГИЯ, КАРТОГРАФИЯ, ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ ФРОНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, СИНОПТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

Разработана клиент-серверная система "FrontUp" дистанционного диалогового прогностического фронтального анализа на базе WEB-ГИС технологий. Программно-аппаратный комплекс включает сервер баз данных для приема-обработки-хранения данных в формате ГРИБ, ГИС-сервер создания векторных прогностических карт, WEB-сервер поддержки интернет-клиентов, оперативного хранения образов карт и клиентского фронтального анализа.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	6
2 РАЗРАБОТАННАЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ СТРУКТУРА	6
3 ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС	7
3.1 Программное обеспечение сервера баз данных	7
3.2 Программное обеспечение ГИС-сервера	9
4 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ФРОНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА	11
4.1 О выборе проекции и масштаба	11
4.2 Автоматизация проведения атмосферных фронтов	14
4.3 Методические особенности прогностического фронтального анализа	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	23
ПРИЛОЖЕНИЕ А - Структура базы данных GRIB	24
ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Скрипт генерации картографического изображения	25
ПРИЛОЖЕНИЕ В - Файл-помощник для WEB-страницы проекта "FrontUp	28

## ВВЕДЕНИЕ

Классический синоптический анализ, технологически базировавшийся на бумажных картах погоды и ручных расчетах, достиг вершины своего развития в последней трети прошлого века. Немногим позже замедлились и исследования его теоретического базиса - динамической метеорологии [1]. Вектор развития метеорологии довольно быстро сместился в область физико-математического моделирования и новых систем наблюдений (спутники, локаторы, лидары и пр.). К сожалению, прекрасная возможность вдохнуть новую жизнь в синоптический анализ с помощью компьютеризированных рабочих мест исследователей-метеорологов и оперативных синоптиков была сначала упущена, а затем и вовсе похоронена разрывом поколений и неконтролируемой доступностью расчетных прогнозов без достаточной верификации и осмысления. Прогноз-анализ (прогноз-искусство) неуклонно деградирует к прогнозу-справке, хотя мощные зимние инверсии, сложная орография, внутримассовая конвекция, опасные явления и наглядные, грамотные обзоры для СМИ все еще остаются в руках (опытных) синоптиков.

Недвусмысленные предупреждения о грядущих проблемах для синоптиков звучали уже в конце прошлого века (Клиффорд Масс, 1991) [2], но они не были услышаны. "Компьютеризация" прогнозистов монополюльно пошла по пути копирования бумаги на экран. Та же живучая, частично нераскодированная (КН-01) монохромная наноска с неоптимальной отрисовкой изолиний, неоптимизированный громоздкий интерфейс и почти непроработанная возможность пространственно-временной комплексация полей и объектов. И это при бурном развитии ГИС-технологий! Неудивительно, что слабый вектор инноваций стороной обходит официальные гидрометеорологические структуры (meteoclub). [3].

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проект "FrontUp" направлен на практическую реализацию комплекса WEB-ГИС технологий для дистанционного диалогового фронтального анализа, обмена опытом и обучения синоптиков. Безусловно, настольная ГИС-реализация полноценного синоптического анализа и прогноза синоптической обстановки (АРМ) была бы технически проще и в чем-то эффективнее, но не удовлетворяет критичным условиям проекта: открытость, коллективный доступ, платформенная независимость, использование открытого программного обеспечения, форматов и ИТ-стандартов. Также нет сомнений, что технологическое направление "WEB-сервисы для интернет-клиентов" уже становится доминирующим по сравнению с привычными АРМами и локальной клиент-серверной архитектурой, а это значит, что данный проект имеет перспективы развития, по крайней мере, на все текущее десятилетие.

## 2 РАЗРАБОТАННАЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ СТРУКТУРА

Программно-аппаратный комплекс включает:

- сервер баз данных для приема-обработки-хранения данных в формате ГРИБ;
- ГИС-сервер создания векторных прогностических карт, хранения образов карт и клиентского фронтального анализа;
- проксирующий WEB-сервер поддержки интернет-клиентов.

Функции сервера баз данных:

- прием-распаковка сеточных данных из канала связи (форматы GRIB или CDF);
- первичная обработка и сохранение в удобной системе визуализации формате;
- обработка табличных данных (координаты, уровни, значения);
- обработка пространственных данных, представленных в форматах гео-обмена.

Функции ГИС-сервера:

- генерация изображения с использованием утилит Generic Mapping Tools (GMT);
- привязка географических координат к границам изображения;
- конвертация полученного изображения в геопривязанное изображение.

Функции WEB-сервера:

- обработка запросов интернет-клиентов;
- поддержка WEB-страницы "FrontUp"
- поддержка интернет-форума "FrontUp"

## 3 ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

### 3.1 Программное обеспечение сервера баз данных

Распаковка сеточных данных:

GRIB (Gridded Binary) - математический формат сжатых данных, обычно используемый в метеорологии для хранения исторических и прогнозируемых данных о погоде. Формат был стандартизован комиссией по основным системам Всемирной Метеорологической Организации (ВМО), известен под номером GRIB FM 92-IX и описан в 306 номере руководства ВМО по кодам. Первая редакция (текущая версия - 2) используется во всем мире большинством метеорологических центров для обмена сеточными данными. Вторая редакция GRIB (GRIB2) постепенно замещает GRIB версии 1. Существует несколько программ и библиотек, которые позволяют работать с данными в формате GRIB, и конвертировать их. К ним относятся WGRIB, NCAR Command Language, и др. Поскольку задача обработки данных предусматривает распаковку данных GRIB с предварительной подготовкой, рассматриваться будут библиотеки, а не утилиты командной строки. Это позволит избежать ошибок, например, перехвата стандартного вывода, и упростить структуру программы обработки данных.

Наиболее популярными библиотеками, обладающими достаточной скоростью и качественной документацией, являются: GRIB\_API - библиотека для раскодирования данных GRIB, разрабатывается и используется центром European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Является одной из наиболее полных реализаций стандарта GRIB, позволяет работать с несколькими редакциями форматов, и имеет интерфейсы к языкам программирования C, Python, Fortran 90. G2CLIB - библиотека для раскодирования данных GRIB, разрабатывается и используется центром National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Имеет интерфейсы к языкам программирования C, Fortran, Perl и Python. В отличие от GRIB\_API, где упор сделан на обработку данных родного центра, имеет более обширную таблицу соответствий кодов, для всех стран участниц ВМО, тем самым, являясь более универсальной библиотекой.

Поток данных в узловой точке подключения СИБНИГМИ обеспечивает получение 52 набора данных центра поставщика <<European Centre for Medium-Range Weather Forecasts>>. Общий объем данных в формате GRIB составляет более 13600 фрагментов (секторов) в сутки (учитываются данные центров Новосибирск, Москва, Вашингтон, Лондон, Брекнел и др.) общим объемом в около 8Гб, доступных в точке подключения сети МЕКОМ узлового

центра сети обмена данными ВМО Новосибирск. Для обработки больших объемов данных разработано приложение на языке Си, использующее библиотеку GRIB\_API. Для синхронизации и исключения дублирования секторов в процессе склейки данные об обработанных наборах хранятся в виде SQLITE3 базы данных заданной структуры [Приложение А].

Технологическая цепочка организована в домашнем каталоге пользователя gmtvt (в качестве базовой операционной системы применяется OS CENTOS LINUX 5.5)

Исходный поток данных в виде пакетов в формате FTP-WMO поступает в каталог ~/grib\_select/IN , где передается на обработку приложению grib\_select.bin при помощи следующего командного файла:

```
#!/bin/bash
cd /home/gmtvt/grib_select
cat /home/gmtvt/grib_select/IN/*.b > /home/gmtvt/grib_select/IN/in.data
rm -f /home/gmtvt/grib_select/IN/*.b
/home/gmtvt/grib_select/grbsel.bin /home/gmtvt/grib_select/IN/in.data
/home/gmtvt
t/grib_select/cur.db
```

Приложение grbsel.bin выполняет поиск фрагментов в коде GRIB во входном потоке и если нужный фрагмент найден, распаковывает их в каталог ~/grib\_select/DATA при этом создаются три файла:

файл с расширением .grb - наборы исходных данных в коде grib

файл с расширением .tit - подробная информация- распаковка структуры заголовка grib

файл с расширением .txt - распакованные данные в формате долгота широта значение и обновляются поля базы данных sqlite3 cur.db .

В имени файла в каталоге DATA зашифрованы некоторые поля из GRIB-заголовка:

c98\_p011\_g250\_l0850-100\_s168\_d20140110\_t0000.txt,

где:

c98 - код центра (ecmf)

p011 - код параметра 11

g250 - шаг сетки 2.5 градуса

l0850-100 - изобарическая поверхность и ее тип



s168 - заблаговременность

d20140110\_t0000 - дата и время точки отсчета

Запуск скрипта осуществляется системным планировщиком каждые 10 минут. Очистка каталога распакованных данных осуществляется ежедневно в 12:01 (GMT), что обеспечивает 24 часовое хранение данных.

### 3.2 Программное обеспечение ГИС-сервера

ПО ГИС-сервера (Linux Fedora, версия 14) включает блоки генерации картографического изображения и WEB-ГИС-сервисы для интернет-клиентов.

Генерация карты прогностических метеорологических полей производится с использованием утилит The Generic Mapping Tools (GMT) [<http://gmt.soest.hawaii.edu/>] - свободное ПО под GNU-лицензией.

Для использования всех возможностей Generic Mapping Tools на сервере была установлена и настроена последняя стабильная версия - GMT 4.5.11. Так как набор утилит GMT поддерживает единственную кириллическую локализацию шрифтов Type1 ISO-8859-5, была решена задача генерации служебных PostScript файлов для корректного отображения кириллических шрифтов различных кодировок, а также расширен сам набор шрифтов.

Процесс генерации Postscript-изображения включает обращение к открытым векторным данным контурной подложки, данным ГРИБ и вызов GMT-утилит:

- pscoast для контурного географического слоя, с сеткой,
- psxy и pstext для слоя городов, заголовка карты
- blockmean для отсечения данных
- surface для расчета 2D-поверхностей метеопараметров
- grdcontour для отображения изолиний
- gs(Ghostscript) для конвертации Postscript в формат PNG [<http://ghostscript.com/>]

Скрипт[Приложение 2], генерирующий растровое изображение запускается дважды сутки после окончания формирования блоков исходных данных □ в 7 и 19 часов UTC. Результатом выполнения скрипта является набор выходных данных в формате Postscript и PNG.

WEB-ГИС-сервисы для интернет-клиентов реализуются с использованием открытого ПО, вызываемого из java-скрипта.

Серверная часть:

- веб-приложение на Python[<http://www.python.org/>] с использованием фреймворка Flask [<http://flask.pocoo.org/>].

Компоненты:

- встраиваемая база данных SQLite для хранения рисунков и данных пользователя.

Источники данных:

- карты - поступают в виде png файлов в каталог static и проксируются встроенным веб-сервером.

- рисунки - поступают из клиентской части веб-приложения в формате JSON [<http://ru.wikipedia.org/wiki/JSON>] сохраняются в базу данных и загружаются при необходимости.

Клиентская часть:

- интерфейс приложения и элементы управления реализованы с использованием библиотеки W2UI [<http://w2ui.com/web/>];

- управление картой, слоями и возможности рисования реализуются с помощью библиотеки Leaflet [<http://leafletjs.com/>] и спецификации canvas HTML-5.

- сплайн-интерполяция осуществляется функциями из библиотеки Numeric [<http://www.numericjs.com/>].

Вспомогательные библиотеки:

- jquery [<http://code.jquery.com/jquery-2.0.3.min.js>]

- proj.4 [<http://trac.osgeo.org/proj>]

## 4 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ФРОНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

### 4.1 О выборе проекции и масштаба

По отображению поверхности шара на поверхность конуса или цилиндра (рис. 1) различают семейства конических (конформная Ламберта, американская поликоническая) и цилиндрических (Меркатора, Миллера) проекций. Семейство азимутальных проекций по местоположению точки зрения делится на гномонические (рис. 2), стереографические (рис. 3) и ортографические (рис. 4).

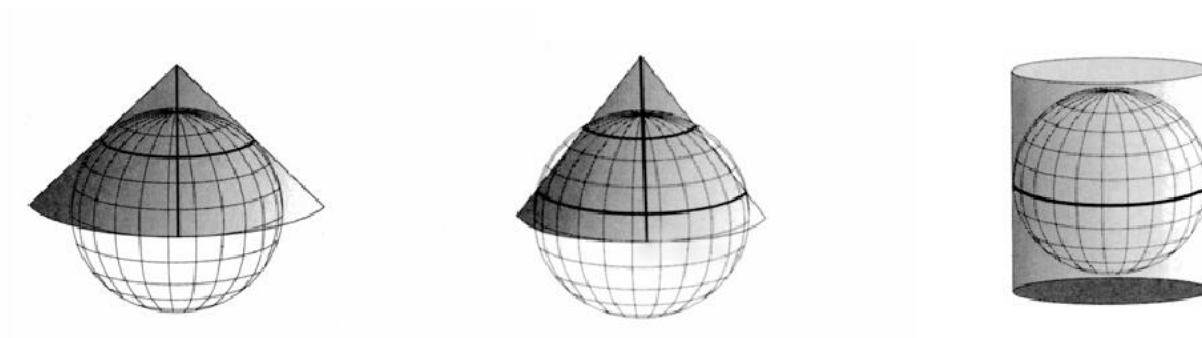
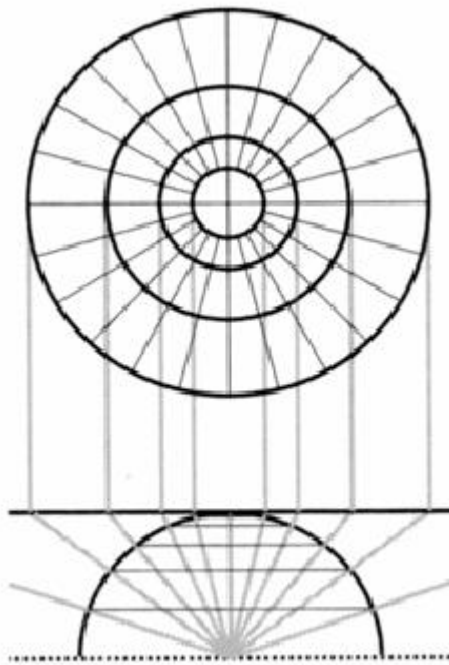


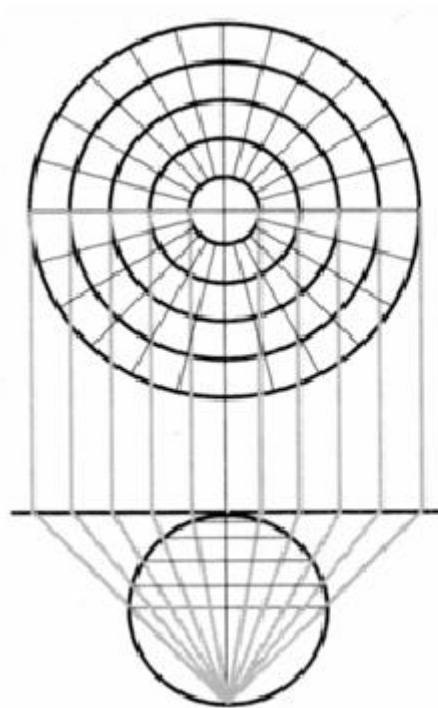
Рис.1 – Варианты проецирования земного шара на конус и цилиндр



Гномоническая



Рис.2 – Азимутальная гномоническая проекция



Стереографическая



Рис.3 – Азимутальная стереографическая проекция

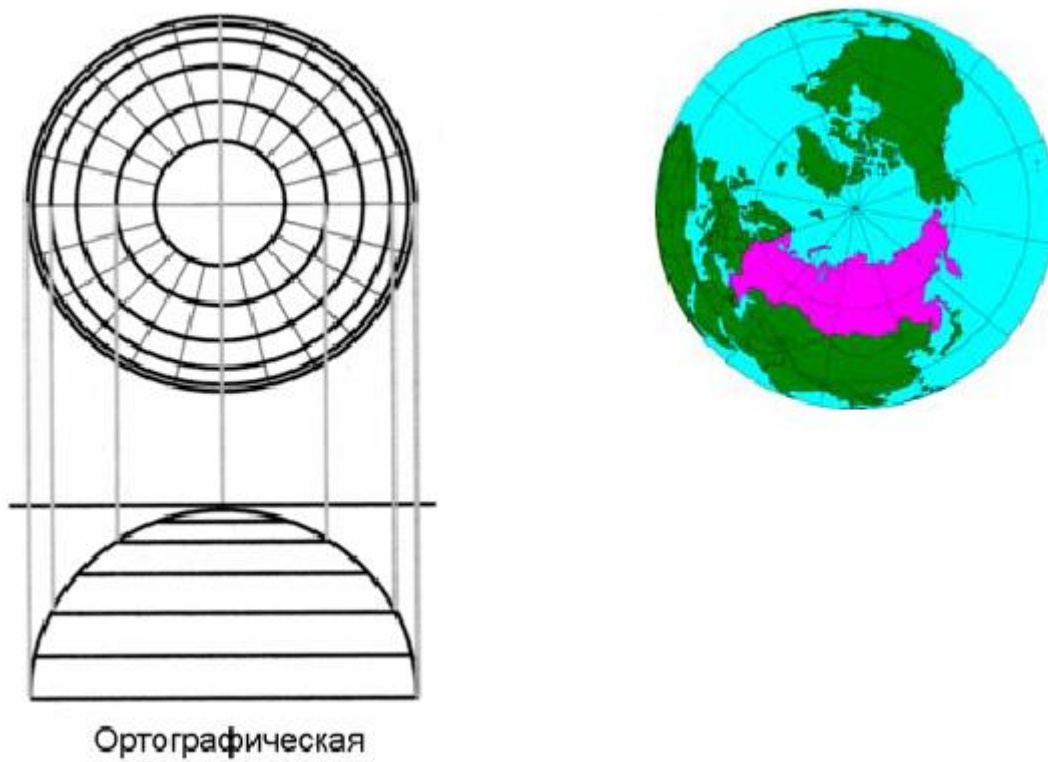


Рис.4 – Азимутальная ортографическая проекция

Ортографическая проекция - частный случай перспективной проекции, когда точка зрения удалена в бесконечность, а значит отсутствует дополнительный переменный параметр - высота от поверхности земли (как в перспективных проекциях для спутниковых снимков). Особенность ортографической проекции - круговая симметрия искажений относительно центра проекции, где искажения нулевые и сингулярность меридианных искажений вдоль большой окружности Земли. Эти свойства позволяют изящно реализовать обзор всего земного шара путем произвольного "вращения" Земли относительно ее центра, ограничивая при необходимости обзорную зону с помощью масштабирования, не зависящего от позиционирования центра карты (проекции).

Возможность охвата больших территорий вплоть до полушария, удобство позиционирования и масштабирования, а также "естественность" искажений по сравнению с другими проекциями - причины выбора азимутальной ортографической проекции в качестве базовой для проекта "FrontUp". Описанные возможности масштабирования и вращения в данной версии проекта не реализованы, поскольку еще не решены программные вопросы приемлемой эффективности обработки векторных изображений в рамках веб-сервисного подхода. Пока роль масштабирования выполняет функция зуммирования, а роль вращения - выбор региона и плоский перенос.

## 4.2 Автоматизация проведения атмосферных фронтов

Попытки математического решения задачи расчета положений атмосферных фронтов на картах прогностических полей метеопараметров предпринимались многократно. Продолжаются они и сейчас. Задача эта насколько интересная, насколько запутанная. Главная сложность, которая обычно ставит в тупик приверженцев точной математики, это - неоднозначность решения, которая известна каждому оперативному синоптику и подтверждается специальными статистическими исследованиями [1, глава 4]. Причем, это объективные трудности, связанные с формализацией мозговой деятельности человека в процессе принятия решения. Синоптик легко оперирует множеством нечетких и/или неустойчивых критериев определения положения отрезков фронта, его динамики и тенденции развития. Алгоритмизация этого процесса всегда сводится к значительным упрощениям анализа и согласования эволюции в рамках хотя бы одного синоптического цикла. Примеры таких анализов [рис. 5, 6] даже без сравнения с ручной работой синоптика показывают, что проблемными являются ситуации, далекие от классических учебных примеров: фазы старых, заполняющихся и многоцентровых циклонов, сближение и растяжение фронтальных систем, точки перегиба и прочее. Можно сказать, что лучше передается схема мест, в которых могут находиться фронтальные разделы, а детализация в виде одномерных линий, типов, сочленений носит характер одного из возможных вариантов, зачастую противореча классической теории. Видимо, именно поэтому другие проекты ограничиваются расчетом и отображением особо не ограниченных шириной и необходимостью сопряжения так называемых "фронтальных зон" (рис.7), [<http://method.meteorf.ru/methods/short/front/front.html>]. В таком виде, результаты прогностических расчетов могут использоваться как вспомогательная информация о возможных фронтальных зонах, к которой необходимо относиться критически. Достаточно близки к такому анализу и карты расчетов зон облачности и осадков (рис. 8). Собственно, такая информация, только на картах фактической погоды, действительно учитывается синоптиком при проведении фронтов, но не является доминирующей.

В целом можно констатировать, что некоторые достижения в проблеме формализации и объективизации прогностического фронтального анализа имеются, но принципиального решения не найдено, возможно, оно и не существует в том смысле, что фронтальные системы в оперативной прогностической работе - не самоцель, а надежное средство быстрого и, что очень важно, наглядного представления связи атмосферных процессов с целевыми явлениями погоды синоптического и мезомасштаба.

23-03-2014 00 UTC + 48

<http://www.wetter3.de/fax>

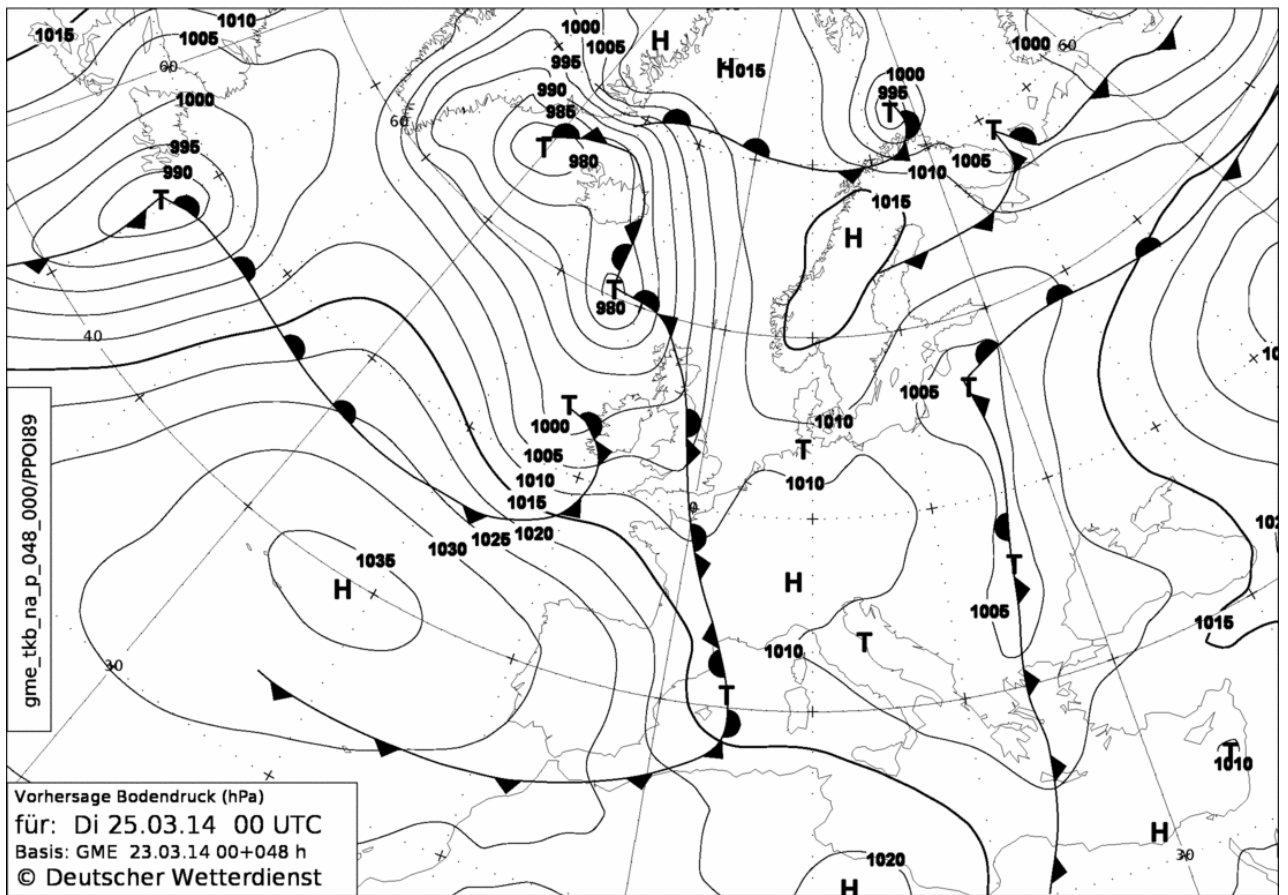
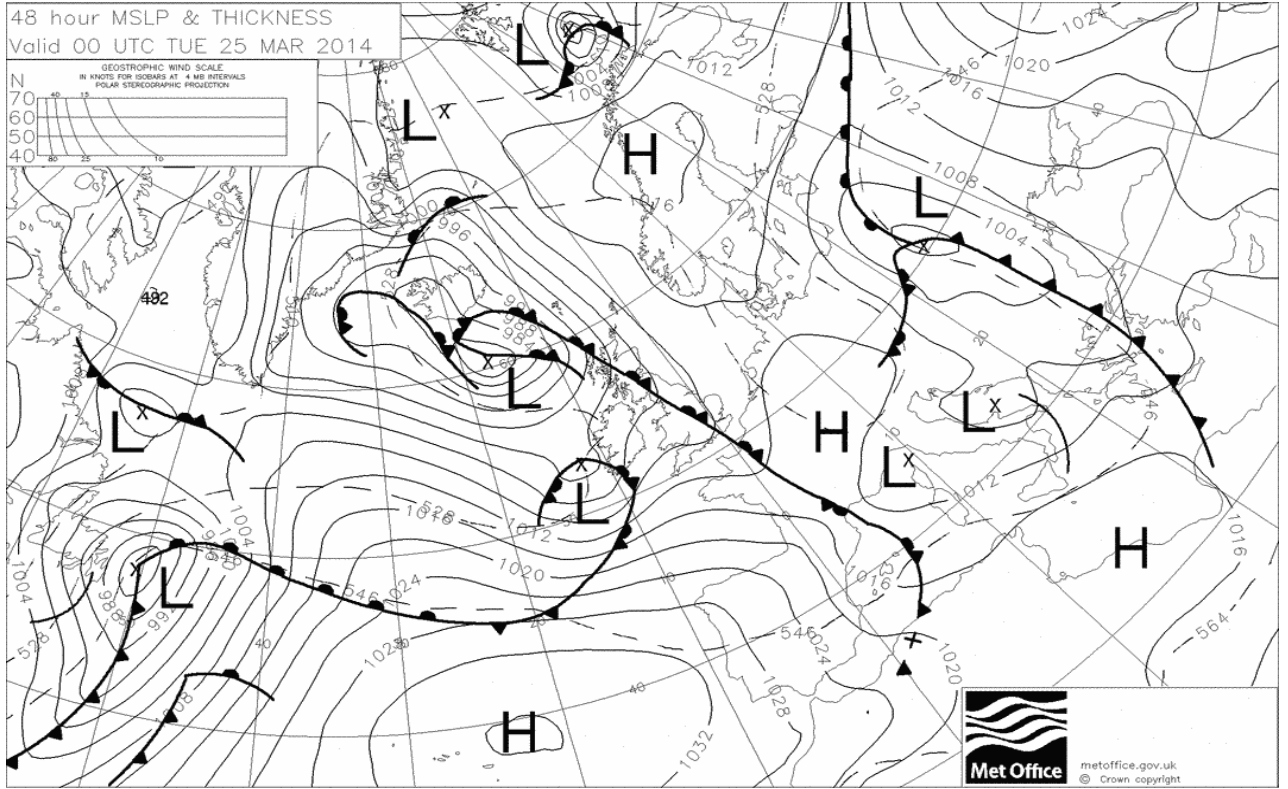


Рис.5 – Сравнительный пример прогностического объективного фронтального анализа, проведенного в разных европейских центрах

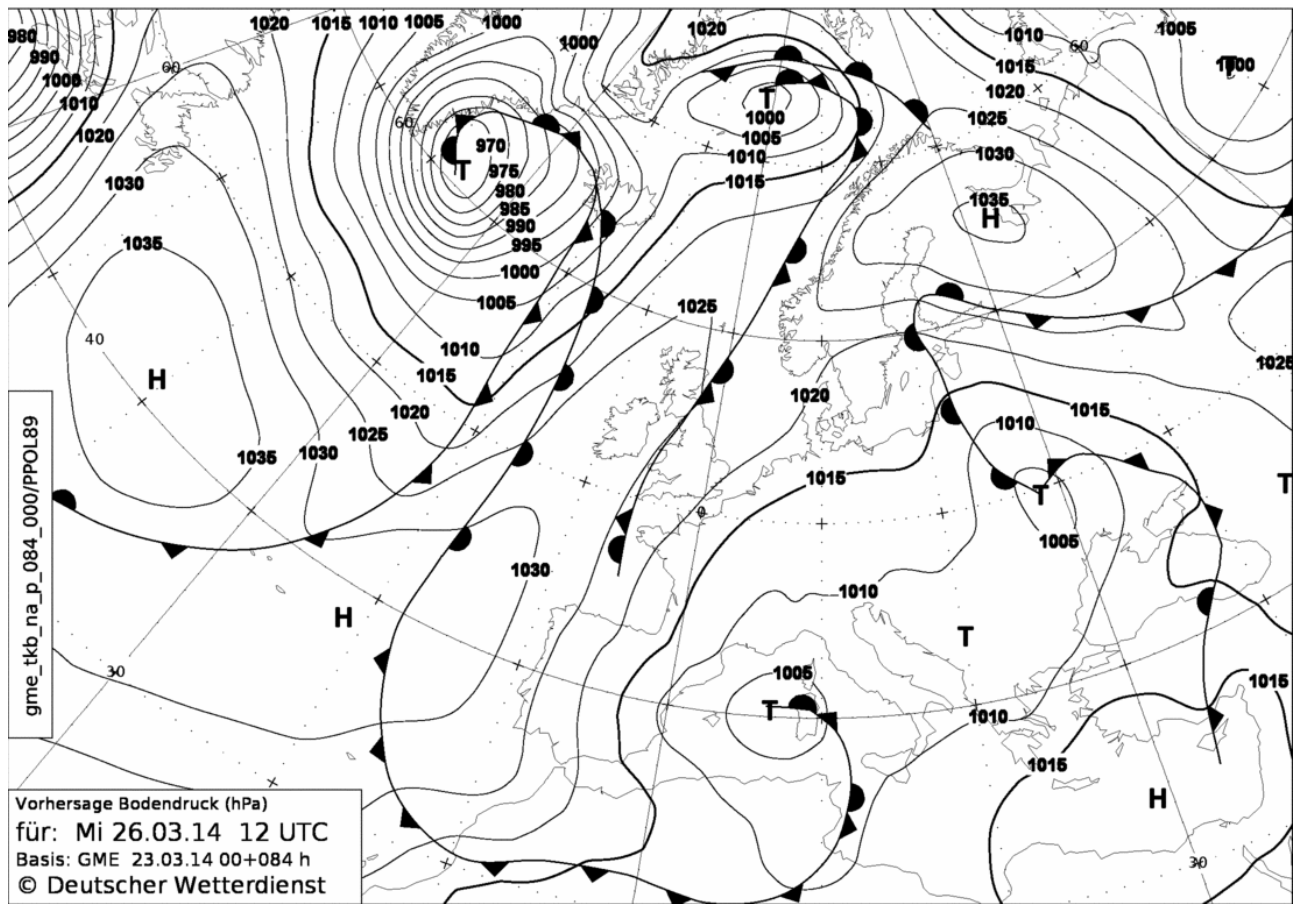
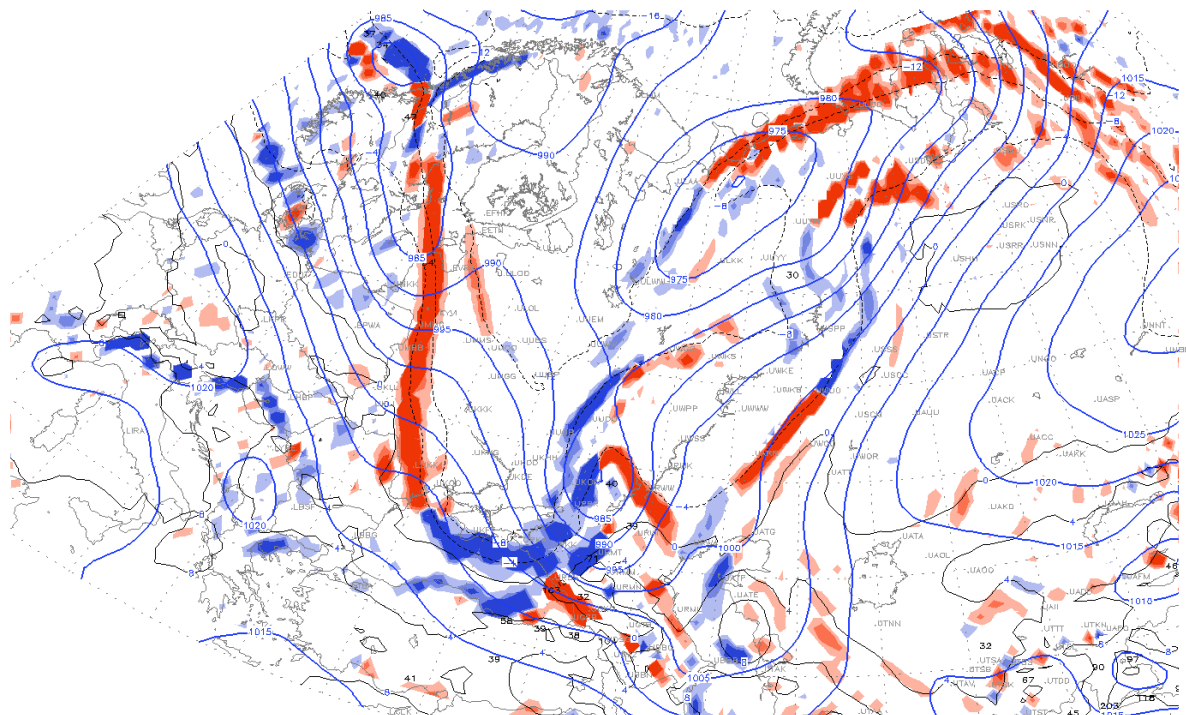


Рис.6 – Пример некорректного объективного фронтального анализа службы погоды DVD



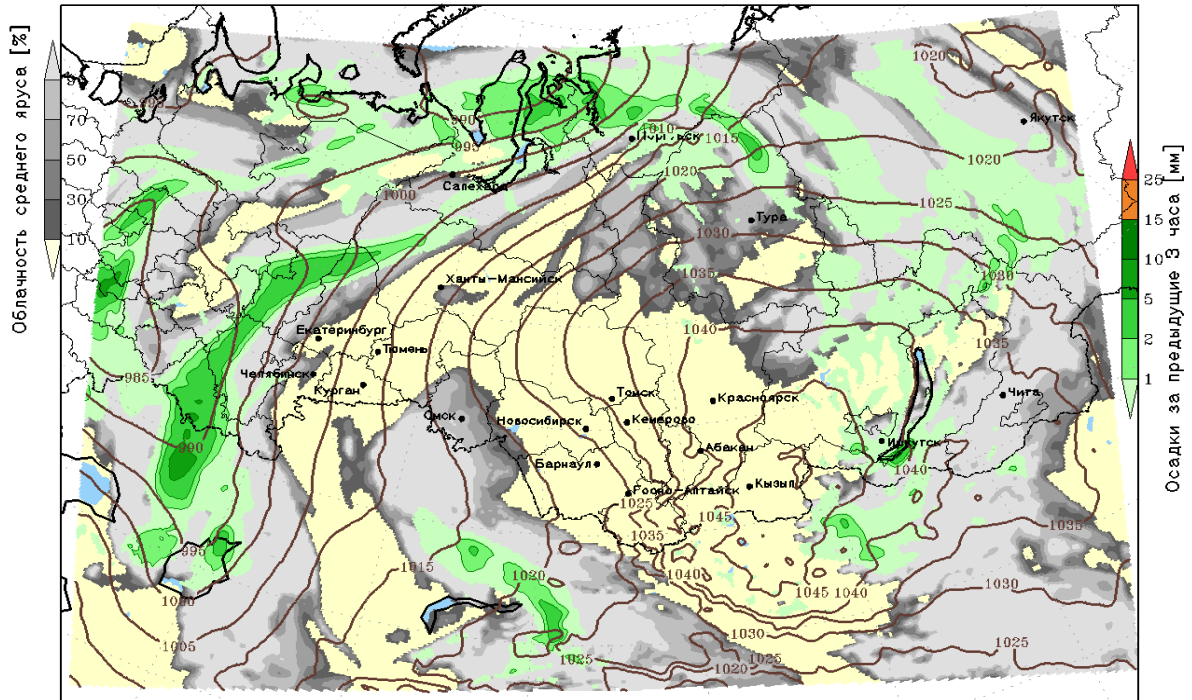
Objective fronts (shaded), T850 (contours), SLP 06Z17MAR2014



2014-03-15-09:37

Рис.7 – Пример отображения объективных фронтальных зон

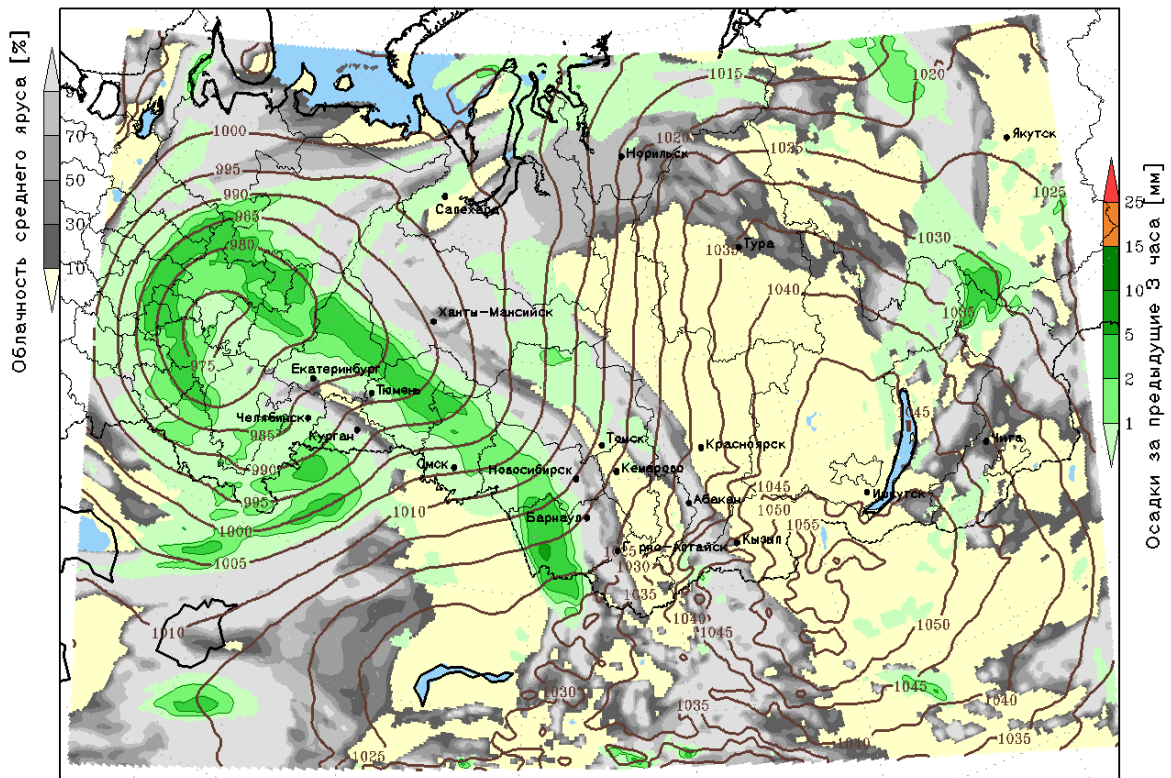
00:00 18мар 2014 (UTC+0): Р ур.моря, облачность, осадки



Прогноз на 48ч. от 00:00 16мар 2014 (UTC+0)  
COSMO-SIB 14км

— Давление на уровне моря

00:00 19мар 2014 (UTC+0): Р ур.моря, облачность, осадки



Прогноз на 72ч. от 00:00 16мар 2014 (UTC+0)  
COSMO-SIB 14км

— Давление на уровне моря

Рис. 8 - Примеры отображения прогностических зон облачности и осадков

Разумеется, к мезомасштабу относятся и скачки метеорологических параметров при прохождении атмосферных фронтов у земли.

В этом смысле проведенные на карте атмосферные фронты свою функцию выполняют много лучше, чем любой отдельно взятый параметр атмосферы, поля облачности, осадков и прочее. И никакой искусственно сформированный комплекс из любых параметров-признаков не заменит линейного отображения реально существующих тонких разделов между воздушными массами, которые подчиняются известным динамическим и геометрическим преобразованиям, описанным в предмете синоптической метеорологии.

#### 4.3 Методические особенности прогностического фронтального анализа

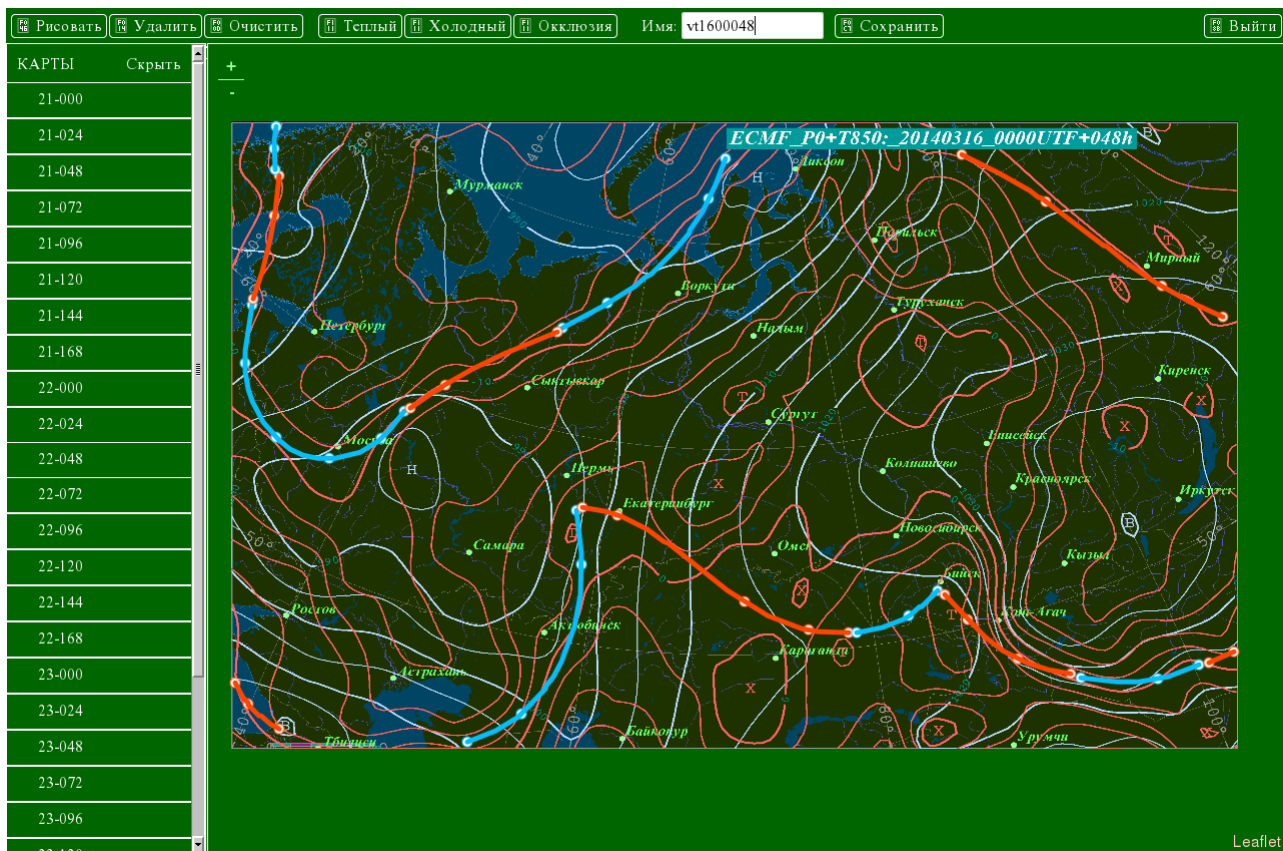
Фронтальный анализ по прогностическим расчетным полям неизбежно должен терять в качестве, во-первых, за счет существенного сужения информационной базы, во-вторых, за счет ошибок прогностического поля, нарастающих с увеличением заблаговременности прогноза. Для минимизации потерь следует выбрать иную тактику анализа, более тщательно и критически прорабатывая все детали имеющейся информации, которые можно было игнорировать при относительном избытке информации фактической. В первой версии данного проекта для выполнения прогностического фронтального анализа предлагаются только совмещенные карты изолиний давления у земли и температуры на АТ-850. Предполагается, что пользователь имеет доступ к фактическим данным за несколько предыдущих суток, что имеет место для оперативного синоптика. В противном случае, надежность выполняемого прогностического анализа может быть невысокой.

Первое и главное, что следует учитывать, это - согласование пред и пост процессов, т.е. фронтального анализа за предыдущие (фактические или прогностические) сроки и последующие (прогностические) от анализируемого срока. Понятно, что проще всего выполнять анализ на первом шаге прогноза, опираясь на последний фактический срок. Но даже на этом шаге целесообразно посмотреть историю процессов за несколько предыдущих дней, чтобы оценить направление и интенсивность эволюции основных процессов. Последующие шаги (сроки прогноза), в принципе, повторяются, но следует учитывать возможное нарастание ошибок и степень согласования полей разных параметров (температура, давление) и одного параметра за соседние сроки.

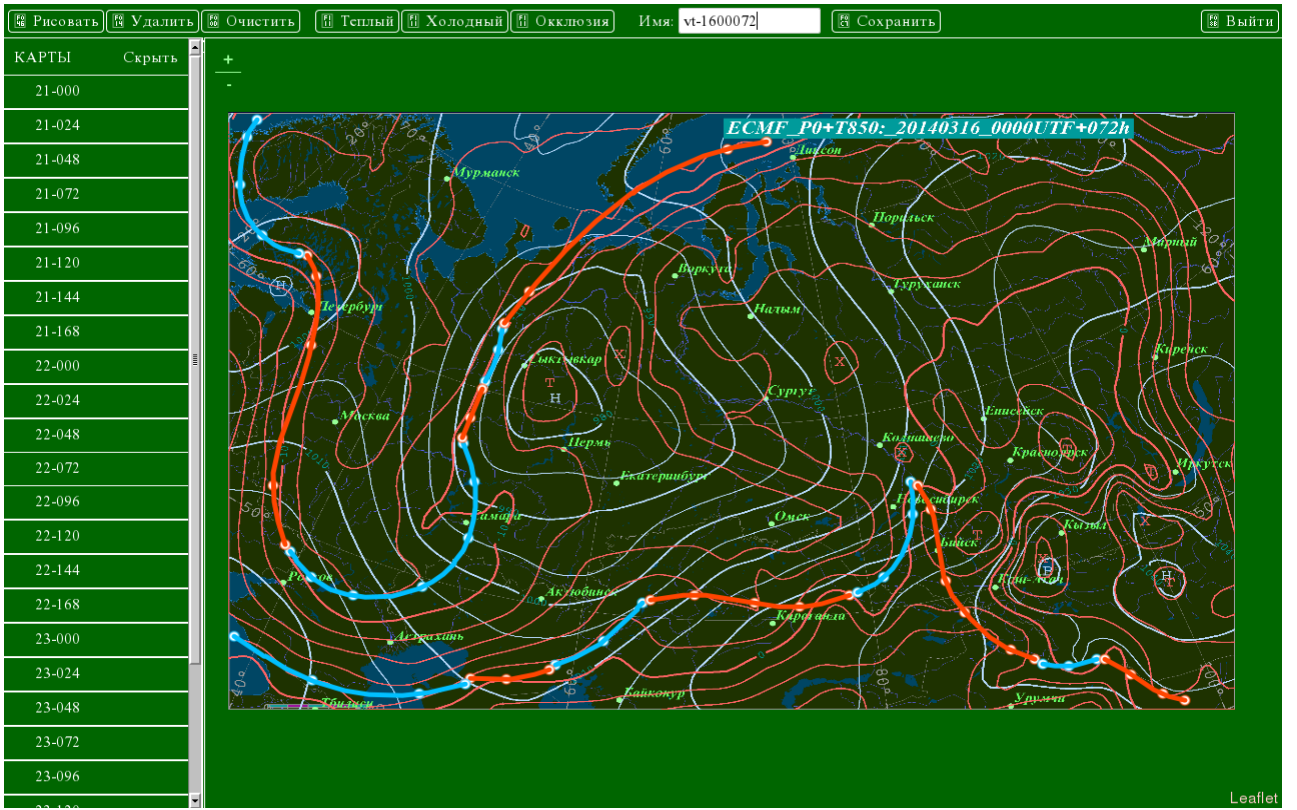
При рассогласовании полей следует руководствоваться приемами, правилами и закономерностями, не зависящими от заблаговременности прогноза, т.е. выполнять принудительное согласование фронтов по истории и в определенном согласии с

принципиальными положениями синоптической фронтальной теории (геометрия фронтов при различных стадиях циклона, возможные траектории и прочее). Все вместе называется синоптическим опытом, который приходит не сразу.

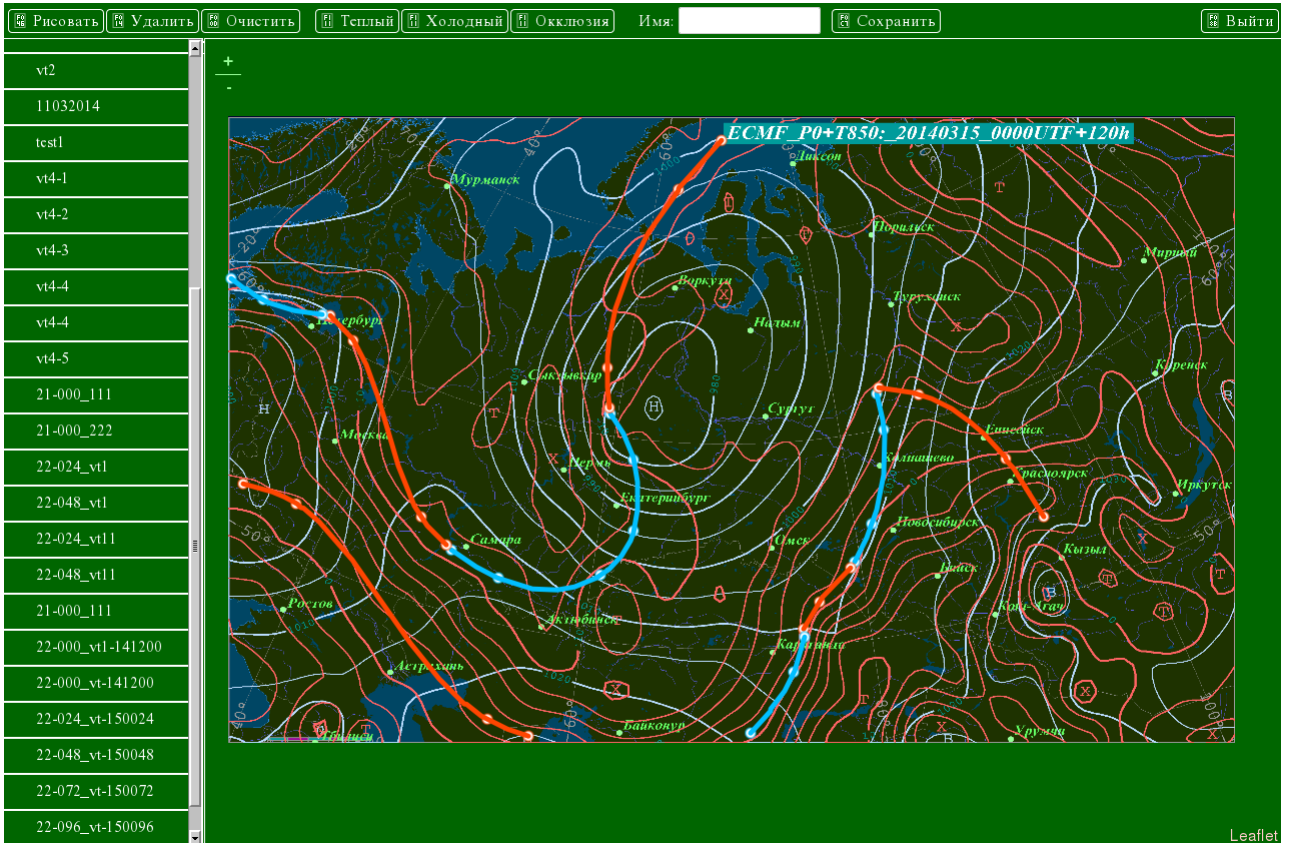
Технические и методические детали рисования приведены в Приложении В, а примеры готового анализа - на рисунках 9(а-в).



a)



б)



в)

Рис. 9 (а-в) – Примеры проведенных по технологии FrontUp фронтов на совмещенных прогностических картах ESMF

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синоптический фронтальный анализ, рожденный на заре метеорологии как науки, успешно прошел докомпьютерный цикл своего развития и столкнулся с неумолимой тенденцией максимально полной автоматизации ручного труда синоптиков. Под горячую руку компьютеризации он едва не был списан в историю науки, но... Оказалось, что этот раздел метеорологии не очень-то поддается автоматизации, алгоритмизации, да и просто формализации. Более того, яснее стало и то, что это вовсе не "ручной труд", как это выглядело в эпоху бумажных карт погоды, а комплексные знания о метеорологических процессах, помноженные на опыт синоптика, а это уже на грани науки и искусства.

Поэтому, не пытаясь "изобрести велосипед" в виде еще одного варианта "фронтальных зон", будем этим проектом наращивать самыми современными картографическими и веб-сервисами рабочий инструментариий синоптика за экраном компьютера. Начало этому положено, а перспективы - расширение списка фактическими картами погоды и КБТ, включение полей разных моделей, развивать возможности наложения и комплексации. Другими словами, для начала, расширять веб-функционал до уровня настольной системы, которая лишена возможности оперативного обмена анализом, а значит и бесценным опытом синоптиков России.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии. - М.: ТРИАДА ЛТД, 2013. - 160 с.
2. Mass, CF. Synoptic frontal analysis: Time for a reassessment? Bulletin American Meteorological Society, Vol.72, No.3, March 1991, p.348-363.  
Синоптический фронтальный анализ: время для переоценки? – пер. В.В.Бровкина-  
<http://meteocenter.net/meteolib/timeof.htm>
3. Метеоклуб: независимое сообщество любителей метеорологии (Европа и Азия):  
Форум о погоде и природе.-  
<http://meteoclub.ru/index.php?action=vthread&forum=16&topic=196&page=0>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А - Структура базы данных GRIB

```
CREATE TABLE gribdump (id INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,filename TEXT,dump
BLOB);
CREATE TABLE store (id INTEGER PRIMARY KEY NOT NULL,CENTRE INT,DATE DATE
INT,DATE TIME INT,STEP INT,PARAM INT,CELL INT,LEVEL INT,LEVEL_TYPE
INT,MINLON100 INT, MAXLON100 INT,MINLAT100 INT, MAXLAT100,summary
TEXT,filename TEXT,updated DATETIME);
```

где:

INT CENTRE // выпускающий центр ( обрабатывается только код 98-ecmf,  
остальные отбрасываются)

DATE DATE INT, //дата выпуска данных

DATE TIME INT, //время выпуска данных

STEP INT, //шаг сетки в градусах ( обрабатывается только 2.5)

PARAM INT, //код параметра

LEVEL INT, //уровень

LEVEL\_TYPE INT, //тип уровня (код)

MINLON100 INT, //мин. долгота куска

MAXLON100 INT, //макс долгота куска

MINLAT100 INT, //мин. широта куска

MAXLAT100, //макс.широта куска

summary TEXT, //текст- код параметра, единицы измерения

filename TEXT, //имя файла где искать распаковку( там будет вся склейка, а

не то

updated DATETIME // зарезервировано.

);



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Скрипт генерации картографического изображения

```
# ----- GMT-FrontUp -----
gmtset PAGE_ORIENTATION landscape INTERPOLANT akima
gmtset ANOT_FONT Helvetica-Narrow-Bold ANOT_FONT_SIZE 12p HEADER_FONT Times-
Roman HEADER_FONT_SIZE 18p LABEL_FONT Times-Roman LABEL_FONT_SIZE 12p

r2par=0/360/0/80    # common data-clipping(blockmean,surface)

# дата срок заблаговременность_прогноза
{
read idate; read itime; read ifc
} < grid.cfg

if ! [ -z $1 ]
then
    idate=$1
fi

if ! [ -z $2 ]
then
    itime=$2
fi

for SF in $ifc; do    # period of forecast(000 024 ..)

par1="p002_g250_10000-01"
par2="p011_g250_10850-100"

fdb1=$PATHIN"c98_"$par1"_s"$SF"_d"$idate"_t"$itime".txt"    # infile_db
fdb2=$PATHIN"c98_"$par2"_s"$SF"_d"$idate"_t"$itime".txt"    # infile_db
fps="c98_p1000_t850_s"$SF"_d"$idate"_t"$itime".ps" # outfile.ps
```

```

# === cycles:
# repeat on map-list(regions) from map.cfg
while read nmap lon1 lon2 lon3 lon4 lon5 lat1 lat2 lat3 lat4 lat5 lat6 scale # map.cfg
do
rpar=$lon2/$lat1/$lon5/$lat4\r; jpar=g$lon4/$lat3/1:$scale

# basemap
map_ps=$PATHOUT"map"$nmap"-"$fps          #          e.g.          map21-c98_p002_10000-
01_s024_d20131111_t0000.ps
pscoast -R$rpar -J$jpar -S0/70/100 -G30/50/0 -Ia/0.25p/100/100/255 -W1/50/155/255 -
B20g20/10g10:.-DI -N1 -Lf$lon3/$lat2/$lat1/500k -K > $map_ps

# town_points
psxy town.dat -R -J$jpar -Sc0.05i -G150/255/150 -K -O >> $map_ps
# town_names
awk '{print $1+0.2, $2+0.2, 10, 0, 7, 0, $3}' town.dat | pstext -R -J$jpar -G100/255/100 -K -O >>
$map_ps

# file-db p1000-> file-txt
awk '{ if ($2 < 0) $2=360.0+$2; if ( ($1 < 65) || ($2==int($2)) ) print $2, $1, 0.01*$3}' $fdb1 |
blockmean -R$r2par -I10m > pxy.tmp
echo "awk -> pxy.tmp ok"
surface pxy.tmp -R$r2par -T0.0 -I30m -Gpxy.grd
echo "surface -> pxy.grd ok"
# isoline P0
grdcontour pxy.grd -R$rpar -J$jpar -C5 -A10f8t -T1c/0.001c:HB -Q7 -Wa5/185/220/255 -
Wc2/185/220/255 -O -K >> $map_ps
echo "grdcontour pxy.grd ok"

# file-db t850-> file-txt
awk '{ if ($2 < 0) $2=360.0+$2; if ( ($1 < 65) || ($2==int($2)) ) print $2, $1, $3-273.15}' $fdb2 |
blockmean -R$r2par -I10m > txy.tmp
echo "awk -> txy.tmp ok"
# file-xyz -> file.grd

```

```

surface txy.tmp -R$r2par -T0.0 -I30m -Gtxy.grd
echo "surface -> txy.grd ok"
# isoline tt
grdcontour txy.grd -R$rpar -J$jpar -C2 -A4f8 -T1c/0.001c:XT -Q15 -Wa5/255/100/100 -
Wc2/255/100/100 -K -O >> $map_ps
echo "grdcontour pxy.grd ok"

# stamp: ECMF_P0+T850:_20131111_000UTF+24h
echo $lon4 $lat5 '14 0 7 0 ECMF_P0+T850:_'$idate_'$itime'UTF+'$SF'h' | pstext -R$rpar -J$jpar -
W0/155/155 -G255/255/255 -O >> $map_ps

# ghost-convert
gs -sDEVICE=png16m -r196 -dBATC -dNOPAUSE -sOutputFile=$map_ps".png" -dEPSCrop -c
"<</Orientation 3>> setpagedevice" -f $map_ps

done < map.cfg
done # SF

```

## ***FrontUp***

- *front\_upload* - пилотная клиент-серверная система дистанционного прогностического фронтального анализа (раздел синоптического анализа)

### **Тема НИР 1.1.11.4**

**Разработка WEB-технологий для коллективной оперативной работы и повышения квалификации синоптиков**

**Отдел информационных и инновационных технологий  
СибНИГМИ, 2013г**

**А. В. Гочаков**

**А. Б. Колкер**

**М. С. Котов**

**В. М. Токарев - отв. исполнитель темы**

1. [Описание web-страницы](#)
2. [Информация, меню](#)
3. [Техника рисования](#)
4. [О фронтальном анализе](#)
5. [О прогностическом фронтальном анализе](#)

#### **1. Описание web-страницы**

Это пилотный проект системы коллективного доступа к прогностическим (первый

этап) метеорологическим картам для выполнения синоптического анализа с возможностью просмотра диалоговых атмосферных фронтов и нанесением собственных вариантов фронтального анализа. В первой версии системы (v.1.1) доступны совмещенные карты прогностических расчетных полей давления у земли и температуры на АТ-850 с заблаговременностью от 0 до 168 часов за сроки 00 и 12UTC, подготовленные по выходным данным европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMF).

Масштабируемые карты отдельно отображают три пересекающихся географических региона:

- **Европа** - индекс 21
- **Сибирь** - индекс 22
- **Дальний Восток** - индекс 23

Текущие настройки:

- **проекция:** ортографическая азимутальная
- **изолинии:** приземные изобары (белые) и изотермы на уровне АТ-850 (красные)
- **расчетная сетка (grid):** 2.5град
- **фронтальные линии:** холодный фронт (голубой), теплый фронт (светло-красный), фронт окклюзии (светло-коричневый)
- **соединение точек:** параметрический кубический сплайн
- **хранение рисунков:** текущие и предыдущие сутки, привязка к региону
- 

## 2. Информация, меню

Основное(верхнее) Меню:

- **Рисовать:** включить режим рисования
- **Удалить:** удалить последнюю (текущую) нарисованную линию
- **Очистить:** удалить все нарисованные (не сохраненные) линии
- **Теплый:** выбор цвета теплого фронта (светло-красный)
- **Холодный:** выбор цвета холодного фронта (голубой)
- **Окклюзия;** выбор цвета фронта окклюзии (светло-коричневый)
- **Имя:** набрать имя для сохранения авторского рисунка
- **Сохранить:** сохранить рисунок с набранным именем (автоматически добавляется индекс региона)
- **Выйти:** выйти из системы FrontUp

Дополнительное(вертикальное левое) Меню:

- **Карты:** показать список доступных карт, например, 22-024 - регион Сибирь, прогноз на 24ч
- **Рисунки:** открыть подменю рисунков, счетчик
- **показать/скрыть:** показать/скрыть карты/рисунки
- + **demo.demo.com:** открыть список доступных рисунков

### 3. Техника рисования

- **выбрать** в левом меню карту(например, "22-024")
- **выполнить** визуальный анализ выбранной карты и карт других прогностических сроков
- при необходимости **показать/убрать рисунки** из списка (с привязкой к региону!)
- включить в верхнем меню **режим рисования**("Рисовать")
- включить цвет рисования **типа фронта** ("теплый" или "холодный" или "окклюзия")
- левой кнопкой мыши **ставит точки** (курсор-стрелка), которые автоматически соединяются сплайновой кривой

- *поменять тип фронта или повторить выбор для нового отрезка того же типа или удалить текущую линию*
- *продолжить рисование..*
- *"очистить" карту, не сохраняя рисунок или набрать авторское "имя" рисунка и "сохранить"*
- 

#### **4. О фронтальном анализе**

Фронтальный анализ является частью синоптического анализа, предмета синоптической метеорологии. Этот раздел метеорологии исторически и был тем ядром, благодаря которому метеорология стала фактически первой и самой продвинутой прогностической наукой об окружающей среде. О зарождении синоптического анализа и его объектах, фронтах, циклонах и антициклонах умеренных широт, воздушных массах, генезисе и динамике процессов синоптического масштаба можно прочитать в соответствующих учебниках, каноническое содержание которых сформировалось, в основном, к 60-м - 70-м годам прошлого века. К сожалению, дальнейшее развитие этого ключевого направления метеорологических исследований затормозилось в силу ряда объективных и не только причин. Сначала удар был нанесен неоправданно завышенными ожиданиями от бурно развивавшегося гидродинамического моделирования, затем столь же завышенных ожиданий от космических и радиолокационных систем наблюдений, а на рубеже тысячелетия - ожидания решения всех проблем за счет компьютеризации рабочих мест синоптиков и сведения прогноза-анализа(прогноза-искусства) к прогнозу-справке.

Прошло почти полвека (с середины 60-х годов), пока надежды на замену синоптика компьютером начали постепенно сбываться. К концу первого десятилетия 21-го века после десятилетий теоретических усилий и усвоения немислимого в 60-е-70-е годы объема метеоинформации (стандартные приземные наблюдения, данные радиозондирования, спутниковые снимки различной детальности и частотных диапазонов, обзоры МРЛ, данные космического зондирования, бортовой и судовой погоды и т.д.) расчетные суперкомпьютерные модели вплотную приблизились к прогнозам на сутки опытных синоптиков, использующих все тот же синоптический анализ, те же синоптические(кольцевые) карты погоды и барической топографии. Правда, это достигнуто, в основном, по температуре воздуха ( кроме районов со сложной орографией и морозных

ядер антициклонов) и частично по ветру и осадкам. Зато заблаговременность более двух суток синоптику почти не дается, а модели с потерей качества вытягивают почти на неделю вперед. Если учесть еще оперативный анализ и прогноз опасных явлений погоды, штормовые предупреждения и наглядные, грамотные (нечасто) обзоры для СМИ, то становится очевидной потребность в сохранении и приумножении синоптического опыта с одновременной адаптацией его к новым реалиям, а они таковы, что молодые синоптики объективно уже не успевают приобрести опыт из-за разрыва поколений, а соблазн использования (непроверенных) интернет-источников убивает всякие стимулы к самообучению и чувство профессиональной ответственности. Не способствует гибкой интеграции диалогового компьютерного анализа с разнородными расчетными полями и удивительная функциональная отсталость "современного" арсенала программного обеспечения (ПО) синоптика. Несмотря на встроенную возможность отображения многочисленных цветных картинок расчетных полей, спутниковых снимков и анализов МРЛ, для базовых синоптических карт все еще остается живучая, частично нераскодированная (КН-01) монохромная наноска с алгоритмически слабой отрисовкой изолиний, неоптимизированный громоздкий интерфейс и почти непроработанная возможность пространственно-временной комплексации полей и объектов. И это при современном уровне ГИС-технологий!

Сравним с оценкой ситуации более 20 лет назад:

Синоптический фронтальный анализ: время для переоценки?

Клиффорд Масс

Департамент атмосферных наук, Вашингтонский университет, Сиэтл, штат Вашингтон, США, 1991г

Перевод - В.В.Бровкин, 2006г

"Синоптические карты, вообще говоря, имеют низкое качество, это одноцветные изображения, которые лишь незначительно улучшились за прошлые 30 лет. Метеорологи должны постигать трехмерное развитие очень сложных систем; очевидно, что двумерные показы с одним цветом (бумажные или электронные) не в состоянии представить достаточно информации даже сегодня и конечно будут неадекватны в наступающую эру увеличенных объёмов наблюдательных данных. Обычные способы представления не позволяют применять исключительную способность людей понимать суть сложных структур, когда эти



структуры представлены в форме трехмерных изображений.

...

К счастью, технологии, которые обещают производить увеличение объемов информации, в тоже время содержат потенциал чтобы решить проблемы управления данными, их анализа и отображения. Добавляя различные цвета, метеорологи могли удобно добавить несколько полей (например, изотермы).

...

Нереализованный потенциал компьютерных технологий для анализа и показа метеорологических данных - главная причина, что всесторонняя концептуальная модель развития циклона не прогрессировала в своих методах и понятиях - из-за общей неспособности визуализировать трехмерное развитие синоптических систем. Интеграция большого количества горизонтальных карт, разрезов, и данных радиозондирования в умственную картину трехмерного структурного развития циклона - вызов, с которым немногие могут справиться. В отношении этой проблемы, очевидно, что метеорологи не полностью применяют потенциал современных технологий коммуникаций к синоптическим картам."

С живым обсуждением современных проблем синоптического фронтального анализа можно ознакомиться здесь:

<http://meteoclub.ru/index.php?action=vthread&forum=16&topic=196&page=0>

## **5. О прогностическом фронтальном анализе**

Прогностический фронтальный анализ существенно отличается от анализа по фактической погоде. Понятно, что прогностических данных существенно меньше и что еще важнее, они менее достоверны, причем достоверность более или менее, но всегда снижается с увеличением заблаговременности прогноза. В докомпьютерную эру прогностическое положение атмосферного фронта определялось синоптиком смещением по ведущему потоку и предполагаемым из теории изменением его геометрии. Очевидно, что такой прогноз возможен на сутки-двое и только для уже существующих объектов. В настоящее время экстраполяцию синоптик может выполнять явно или неявно на несколько часов вперед для оценки времени прохождения фронта, например, через пункт прогноза. В остальном технология изменилась, поскольку имеются расчетные прогностические приземные и

высотные поля метеопараметров, отвечающих за идентификацию воздушных масс, а значит есть потенциальная возможность определить границы разделов воздушных масс, т.е. фронтальные зоны.

Употребление термина "фронтальная зона" вместо "фронт" не случайно. Оно отражает принципиальную масштабную разницу. У поверхности земли фронтальные зоны за счет динамического трения сжимаются до сотен и даже десятков метров. Это лучше всего прослеживается на обостренных холодных фронтах в поле направления ветра и скачке давления. Прогностические фронты приходится определять по полю температуры на АТ-850, наложенному на поле давления у земли. В диагностическом синоптическом анализе это сочетание также используется, но только для первоначального примерного, но надежного определения местоположения фронтов с последующей детализацией по комплексу приземных параметров (ветер, температура, тенденция давления, явления, облачность). Таким образом, информационная база для нахождения прогностических фронтов значительно сужена, менее детализирована и надежна, как и любые прогностические данные. Зато имеется прогностическая динамика на несколько суток вперед, которую и следует использовать для обязательного согласования.

#### ***Тактика проведения прогностических атмосферных фронтов:***

1. диагностический фронтальный анализ, как надежная точка отсчета прогностической эволюции воздушных масс и разделяющих их фронтальных систем, определение фронтальных изотерм для двух/трех фронтальных систем;
2. оценочный фронтальный анализ, учет динамики атмосферных процессов на последовательных совмещенных картах Р0/АТ-850 во всем прогностическом временном интервале (000-168ч), определение фронтальных изотерм, если этого не сделано по фактическим данным;
3. проведение атмосферных фронтов с учетом возможного растущего с увеличением заблаговременности прогноза рассогласования термического и барического полей;
4. согласование (коррекция фронтов) фронтального анализа между сроками прогноза, учет теоретических ограничений по скоростям смещения и эволюции, выявление значимых фронтальных волн и зон размытия/обострения фронтов.

#### ***Методические замечания:***

- положение фронтов может уточняться с помощью дополнительных высотных полей на АТ-700, АТ-500 при их наличии, но с учетом различий для разных расчетных моделей(источников данных для карт изолиний)
- положение фронтов может уточняться по расчетным полям осадков, влажности, вертикальных движений и др., но в пределах допустимого коридора основного анализа
- при выборе главных фронтальных изотерм на АТ-850 можно руководствоваться приближенными климатическими оценками <http://meteocenter.net/meteolib/t850.htm>, но не в ущерб согласованию по срокам прогноза
- теплые сектора циклонов у земли всегда уже, чем на уровне АТ-850
- фронты окклюзии рекомендуется наносить только при наличии четкого узкого термического гребня и соответствующей ложбины у земли, согласованных с предыдущей стадией циклона
- сохраняется правило "каждому фронту соответствует барическая ложбина, но не в каждой ложбине фронт", однако прогностические поля далеко не всегда позволяют выявить слабовыраженную ложбину
- как правило, более медленным фронтам соответствуют более глубокие ложбины
- точка перегиба в гребне стационарного антициклона стремится сохранить свое место для всех циклонов одной серии
- орографические нарушения на территории России: задержка и обтекание с севера фронтов на Северном Урале; циклогенез или регенерация с последующим увеличением скорости смещения между Южным Уралом и Северным Каспием; ускорение юго-западных циклонов на траверзе Горного Алтая; задержка и обтекание западными холодными фронтами Горного Алтая с севера; сложные северо-западные и юго-западные процессы в районе Байкала; огибание южными циклонами Кавказа с севера; циклогенез Южного Каспия
- особенность побережья Карского моря - типичный очаг накопления холодного воздуха, быстрое обрушение вдоль Урала на юг после ослабления западного струйного потока

***В. М. Токарев***

***Новосибирск, 2014г***