

*Ансамблевый подход при разработке долгосрочных
прогнозов синоптико-статистическим методом*

*Комплексирование эмпирических
и гидродинамических прогнозов*

В.Ю. Цепелев
В.М. Хан

ФГБУ «Северо-Западное УГМС»
Гидрометцентр России (СЕАКЦ)

Синоптико-статистические методы долгосрочного прогноза погоды на месяц и сезон все еще преобладают в оперативной практике Гидрометслужбы РФ.

Тем не менее, сегодня уже существует угроза их полного вытеснения из практики оперативного прогнозирования ансамблевыми, гидродинамическими методами прогнозирования.

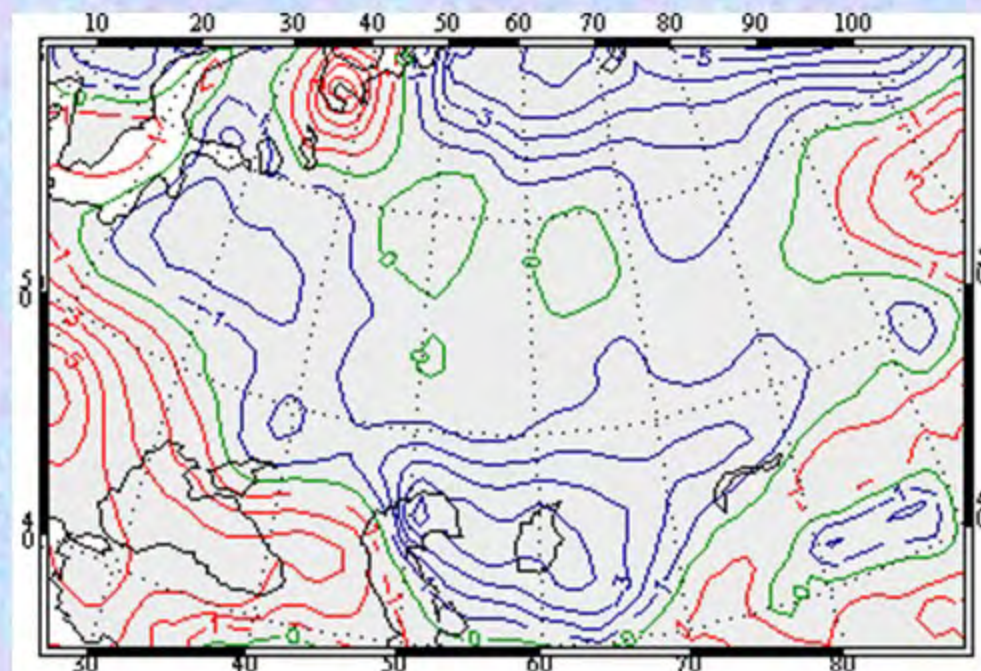
Ансамблевый подход позволяет перейти от детерминистической формулировки прогноза к вероятностной терминологии, а синоптико-статистический вероятностного подхода не предусматривает.

Но вековой опыт практического использования синоптико-статистических методов прогнозирования далеко не исчерпан. Хотя при составлении прогнозов эмпирическими, синоптическими методами идеология ансамблевого подхода не используется, их методические основы позволяют достаточно легко перейти к вероятностному представлению прогнозов.

Внедрение в оперативную практику новых, вероятностных видов прогнозов, составленных синоптико-статистическими методами, является первым шагом на пути к их обновлению.

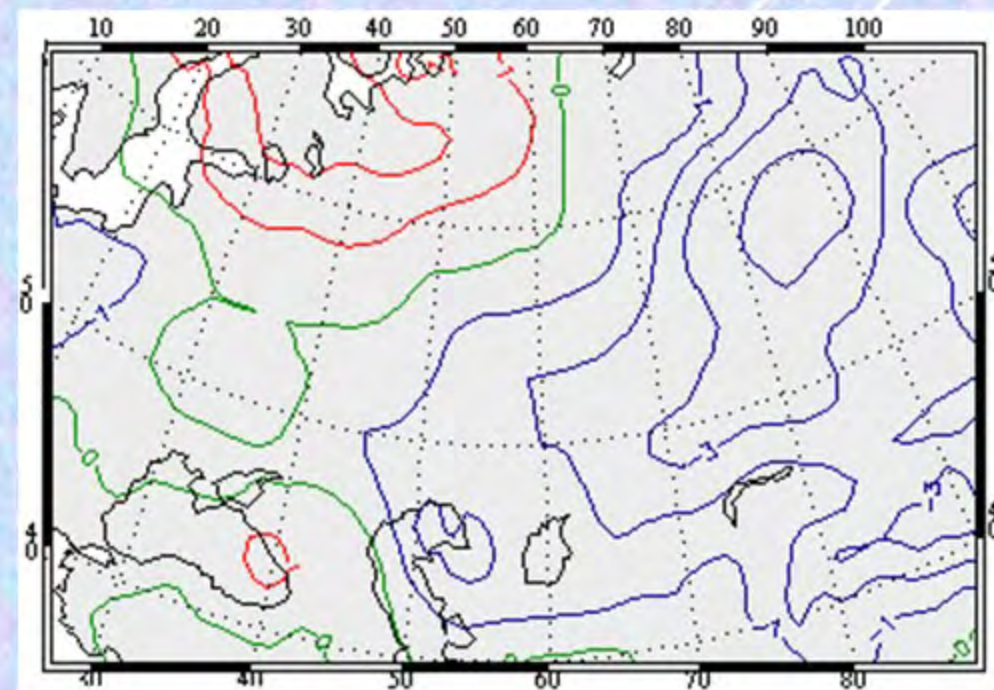
Целью доклада является демонстрация возможности применения вероятностной терминологии в методиках долгосрочных прогностических школ Вангенгейма-Гирса и Мультановского-Пагавы.

Вероятностная интерпретация синоптико-синоптических прогнозов может быть реализована по аналогии с ансамблевым подходом, применяемым в гидродинамических методах.



Прогноз аномалии температуры воздуха для января 2014 г.

Разработан по методу Мультановского-Пагавы



Фактически наблюдавшееся поле аномалии температуры воздуха в январе 2014 г.

Обоснование применения ансамблевого подхода для синоптических методов

Синоптико-статистический подход

Принцип подбора аналогов циркуляции к текущим макросиноптическим процессам является основным приемом разработки прогнозов в синоптических методах долгосрочного прогноза погоды.

Группа уникальных макроциркуляционных процессов, схожих с исходным по пространственному распределению крупномасштабных полей аномалий метеопараметров, формируют прогностическое поле. Для этой группы был введен термин «*групповой аналог*».

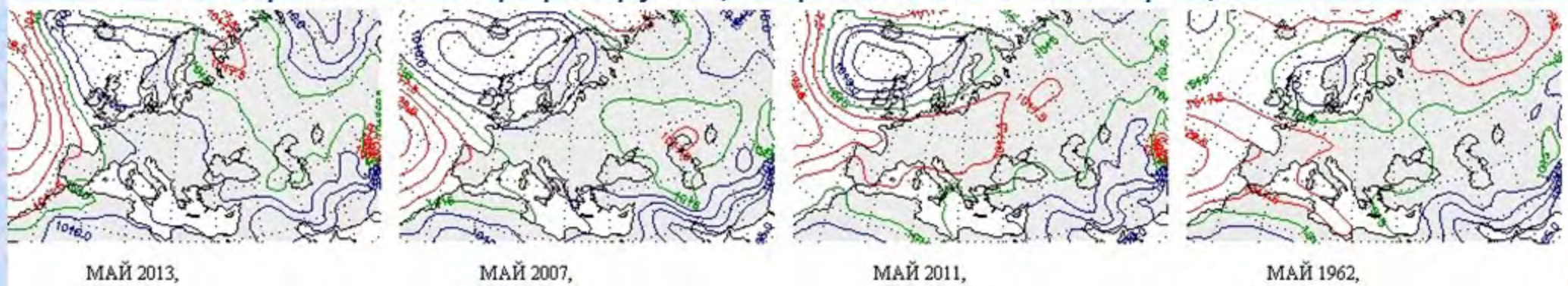
Незначительные отличия в начальных и граничных условиях приводят к реализации различных макроциркуляционных структур уже в следующем (прогностическом) месяце.

Групповой аналог можно рассматривать как осредненный результат множественного расчета «природной модели» с отличающимися краевыми условиями, которые подчиняются вероятностному распределению в ее фазовом пространстве.

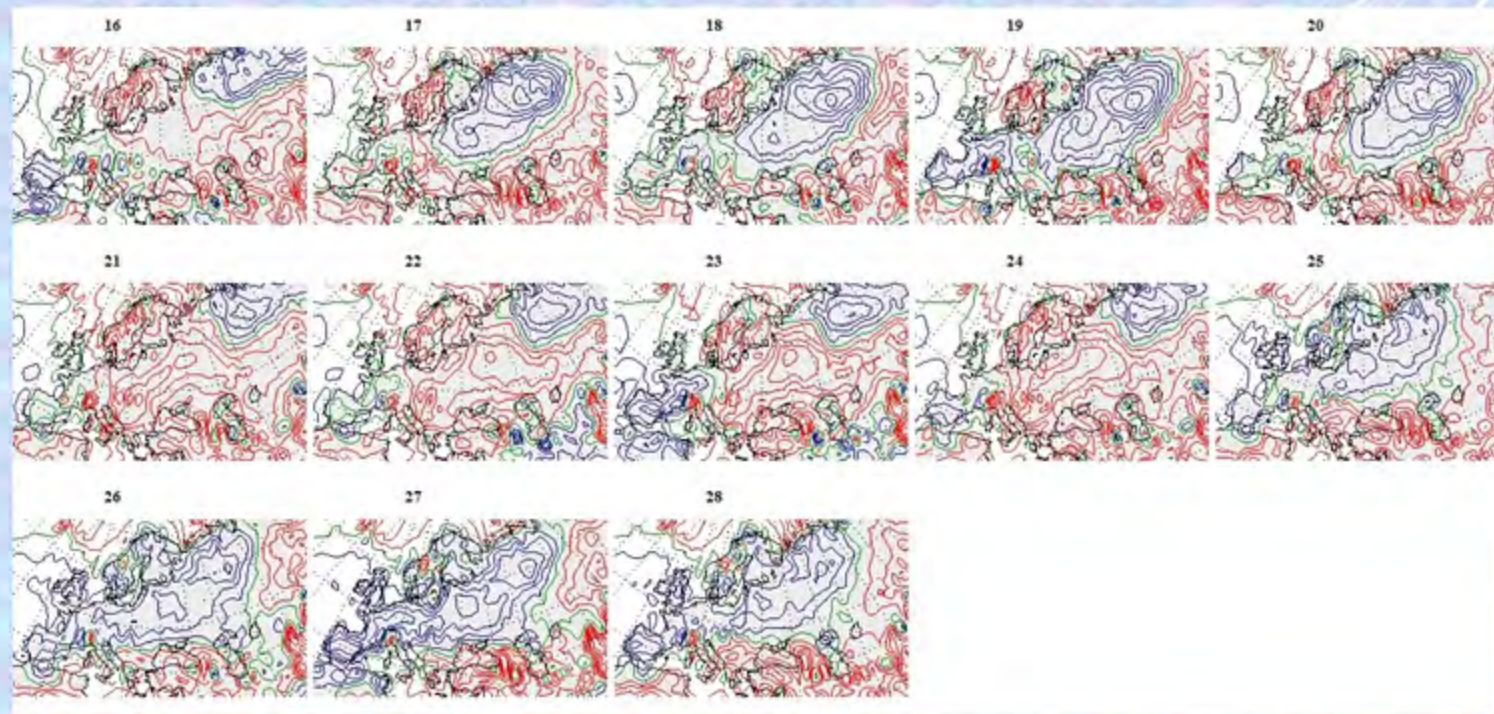
Ансамблевый, гидродинамический подход

Подход, основанный на незначительном изменении начальных условий для расчета циркуляционных характеристик прогностического месяца, используется для генерации множества членов ансамбля гидродинамической модели.

Синоптико-статистический подход Набор аналогов формирующих прогностический процесс



Ансамблевый, гидродинамический подход Набор из всех членов ансамбля



Исходя из сходства методологии получения группового аналога и множества членов прогностического ансамбля гидродинамической модели мы предполагаем, что

прогноз по групповому аналогу можно рассматривать как реализацию ансамблевого прогноза, полученную по «природной модели»

Следовательно,
прогнозы по синоптическому методу группового аналога можно так же формировать в терминах вероятности, что существенно расширяет информативность и область их применения.

Переход к вероятностной форме представления прогноза подразумевает:

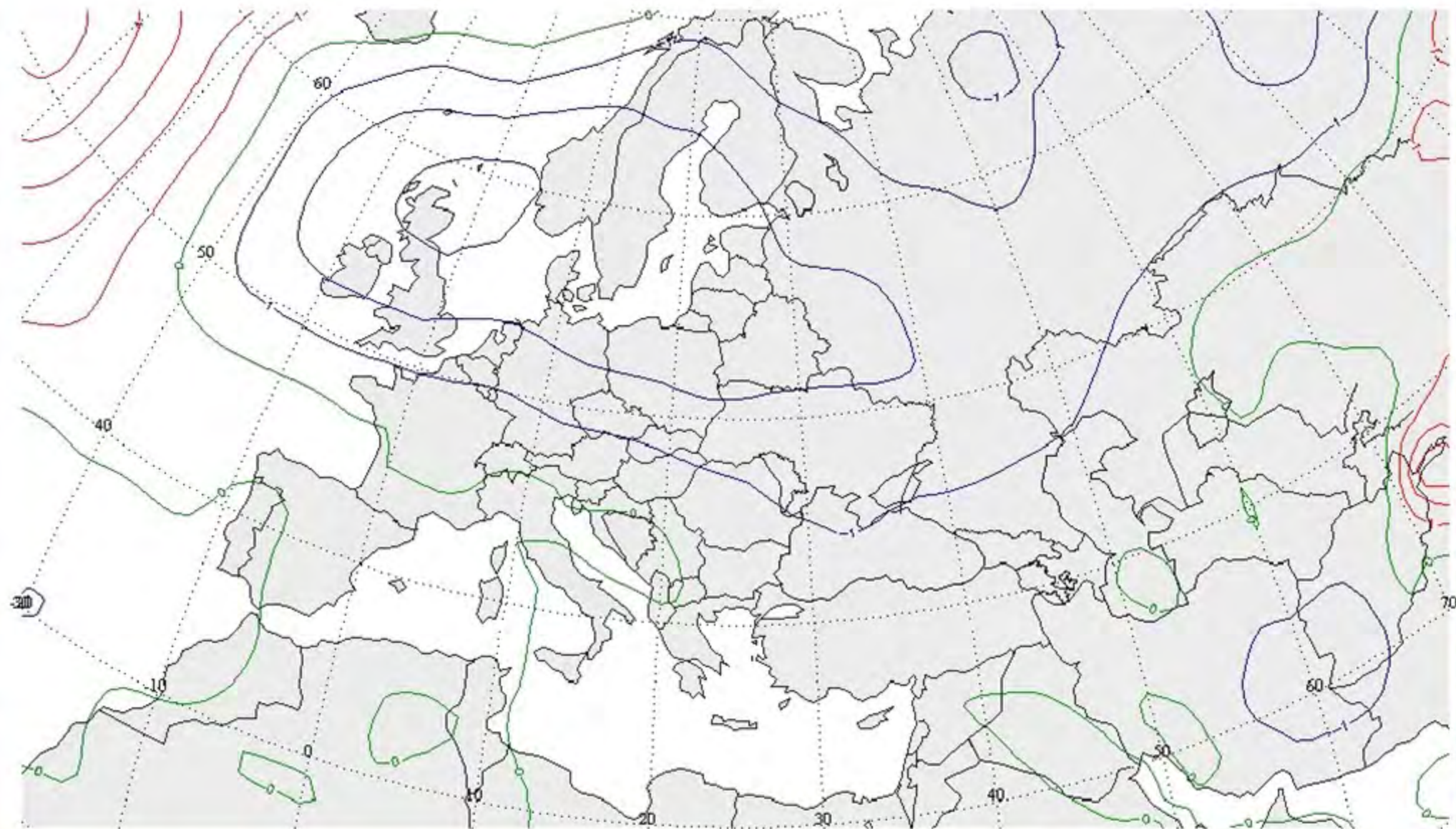
Рассмотрение прогностических аномалий по градациям (выше нормы, норма, ниже нормы).

Для каждой прогностической градации рассчитывается вероятность ее осуществления которая рассчитывается как отношение числа случаев прогнозов, относящихся к данной градации, к общему объему выборки.

Каждый из макропроцессов «группового аналога, входящих в прогностическую выборку, является **равновероятным членом** прогностического ансамбля.

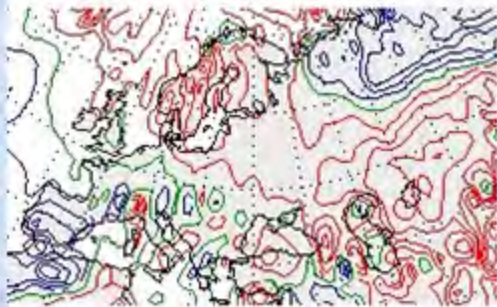
Исходя из этого утверждения становится **возможным получение вероятностных характеристик ансамбля** и построить соответствующие карты.

- ✓ Карты средних по ансамблю (групповому аналогу);
- ✓ Индивидуальные карты для каждого члена ансамбля;
- ✓ Карты среднеквадратического отклонения по ансамблю;
- ✓ Карты вероятности осуществления знака прогностической аномалии в ансамбле;
- ✓ Карты спагетти;
- ✓ Карты вероятности осуществления экстремальных значений метеопараметра в ансамбле;
- ✓ Карты вероятностного изменения параметра внутри прогностического месяца

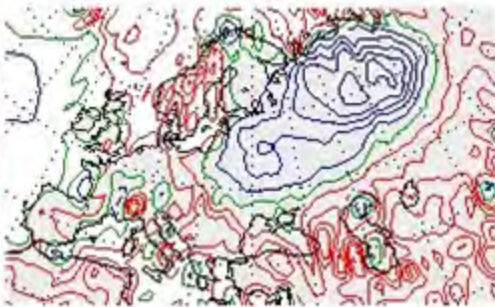


Средняя карта приземного давления полученная по набору всех лет-аналогов

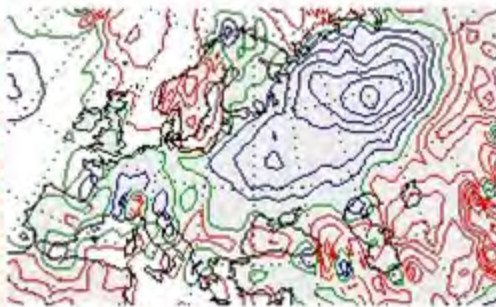
16



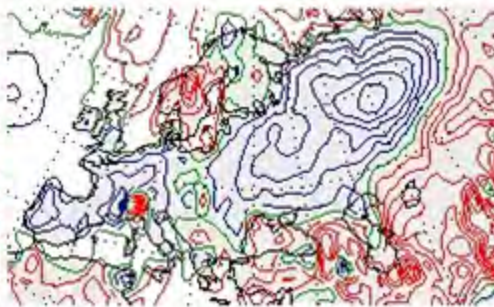
17



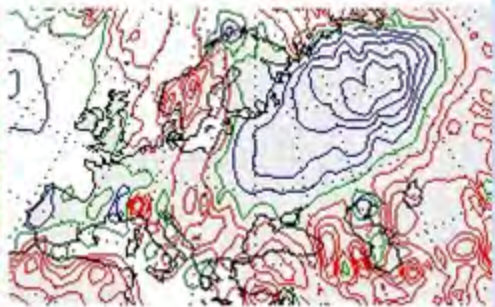
18



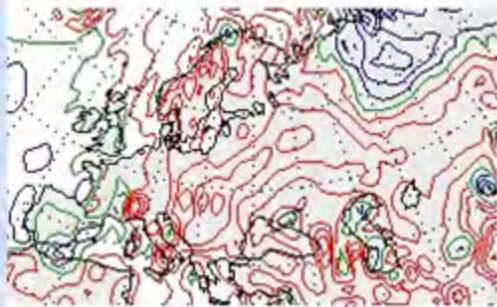
19



20



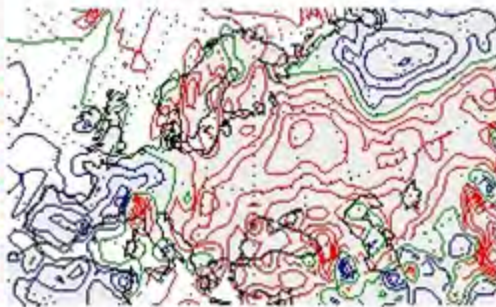
21



22



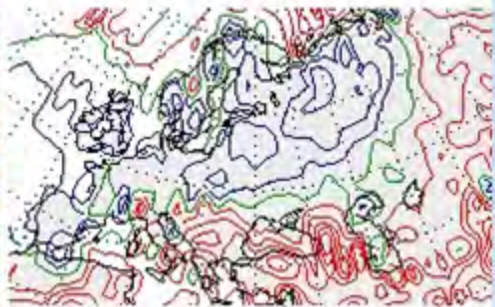
23



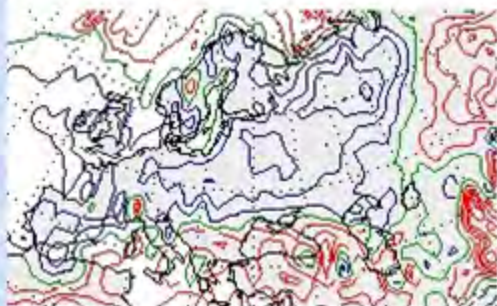
24



25



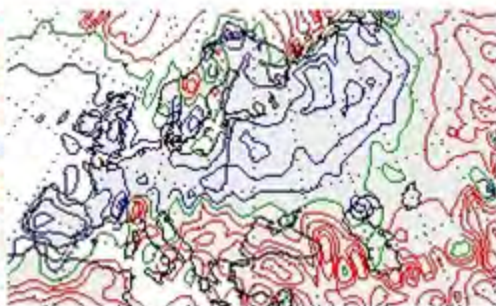
26



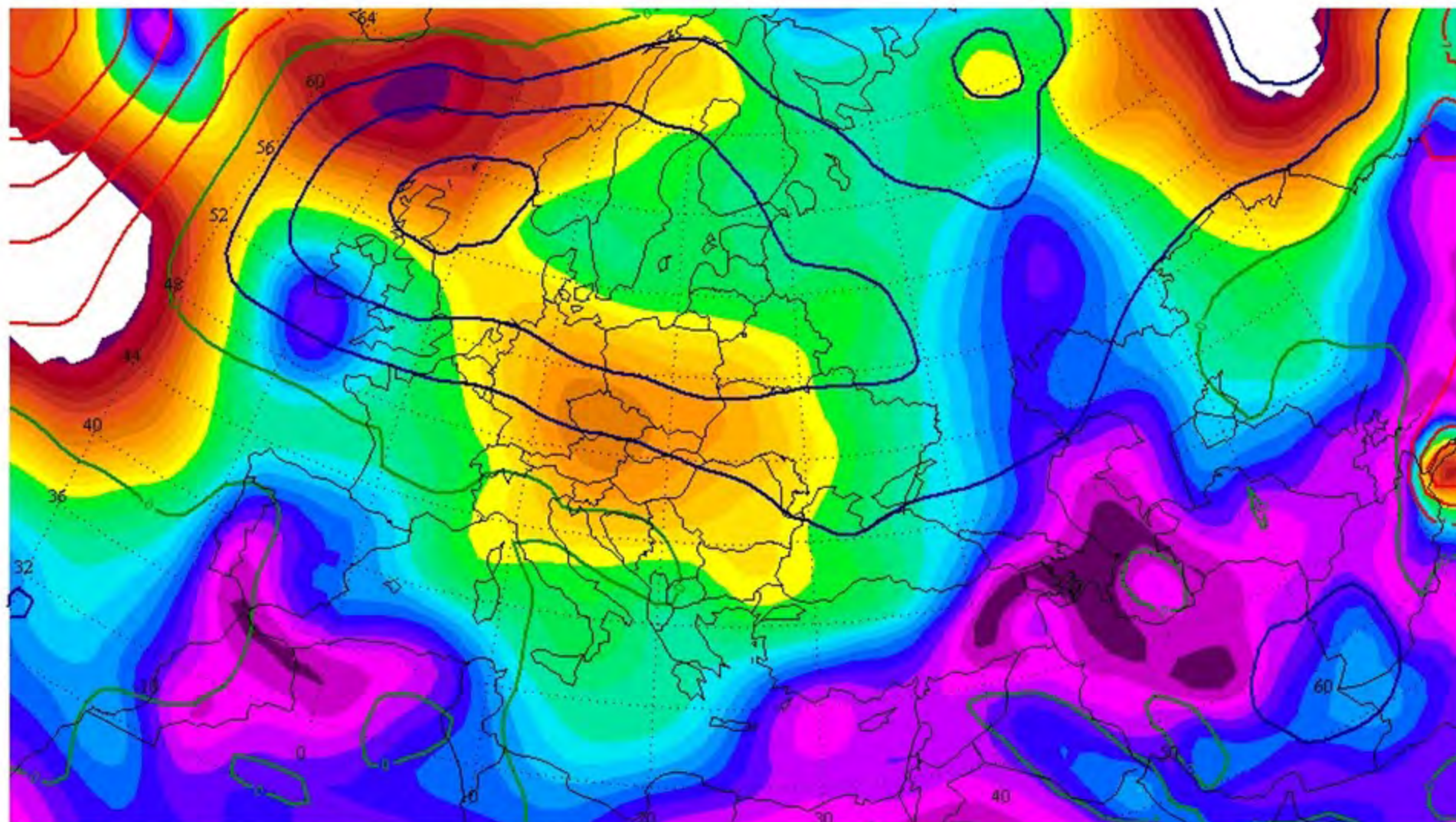
27



28



Карты всех выбранных лет-аналогов



СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ПО ПРОГНОЗУ



Поле дисперсии, рассчитанной для набора среднемесячных полей лет-аналогов.

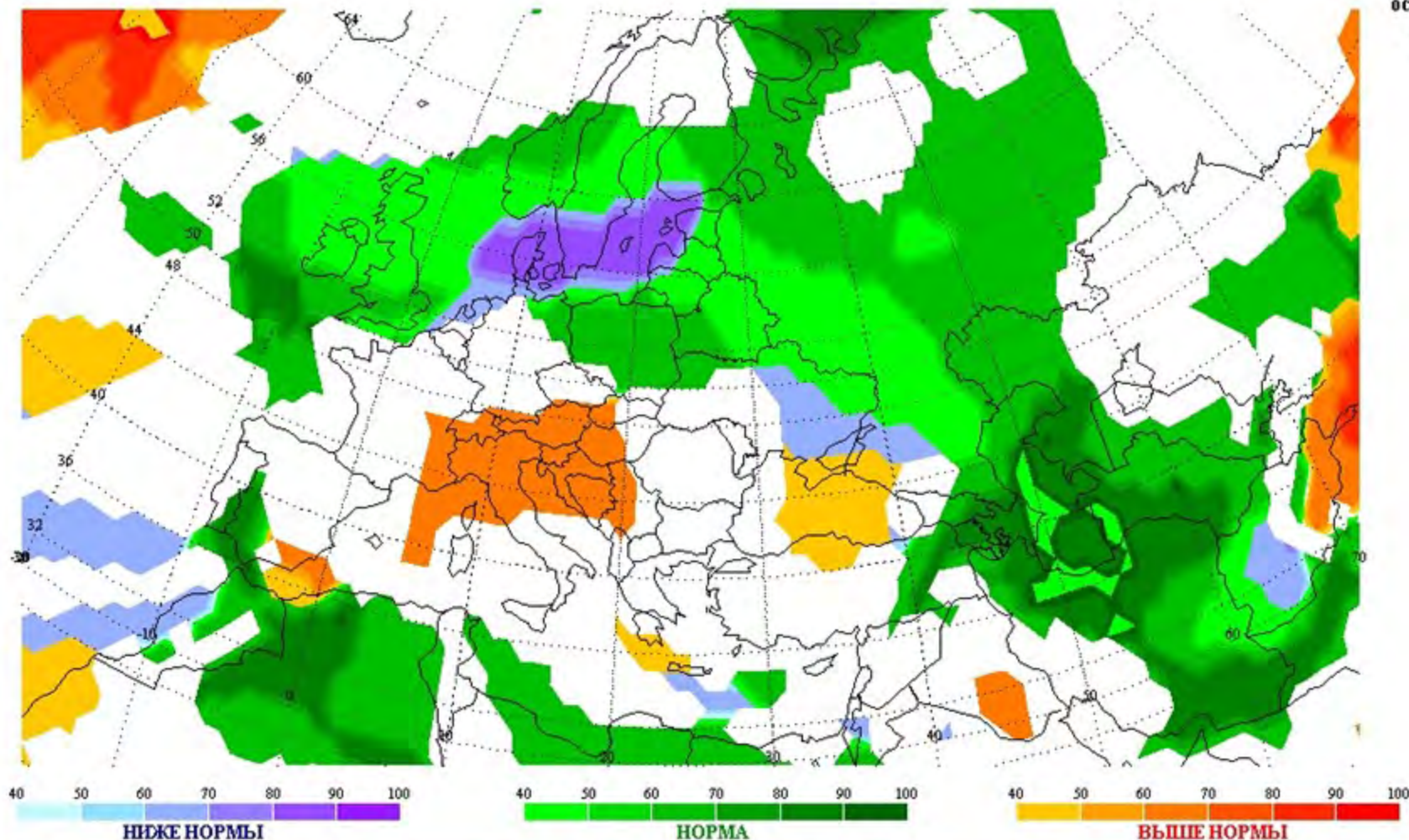
МАЙ 2013

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ПО ТРЕМ ГРАДАЦИЯМ ДЛЯ SLP

LONG=62 LAT=47

СОСТАВ ГРУППЫ: 2013, 2011, 2006, 1996, 1952,

0 0 0
ВЕРОЯТНОСТЬ
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ
ЗНАКА
АНОМАЛИИ (%)



Карта вероятностного прогноза давления на уровне моря по терциям.

Показаны вероятности попадания давления в каждой точке регулярной сетки данных в градации, превышающие их 33,3% климатическую вероятность:

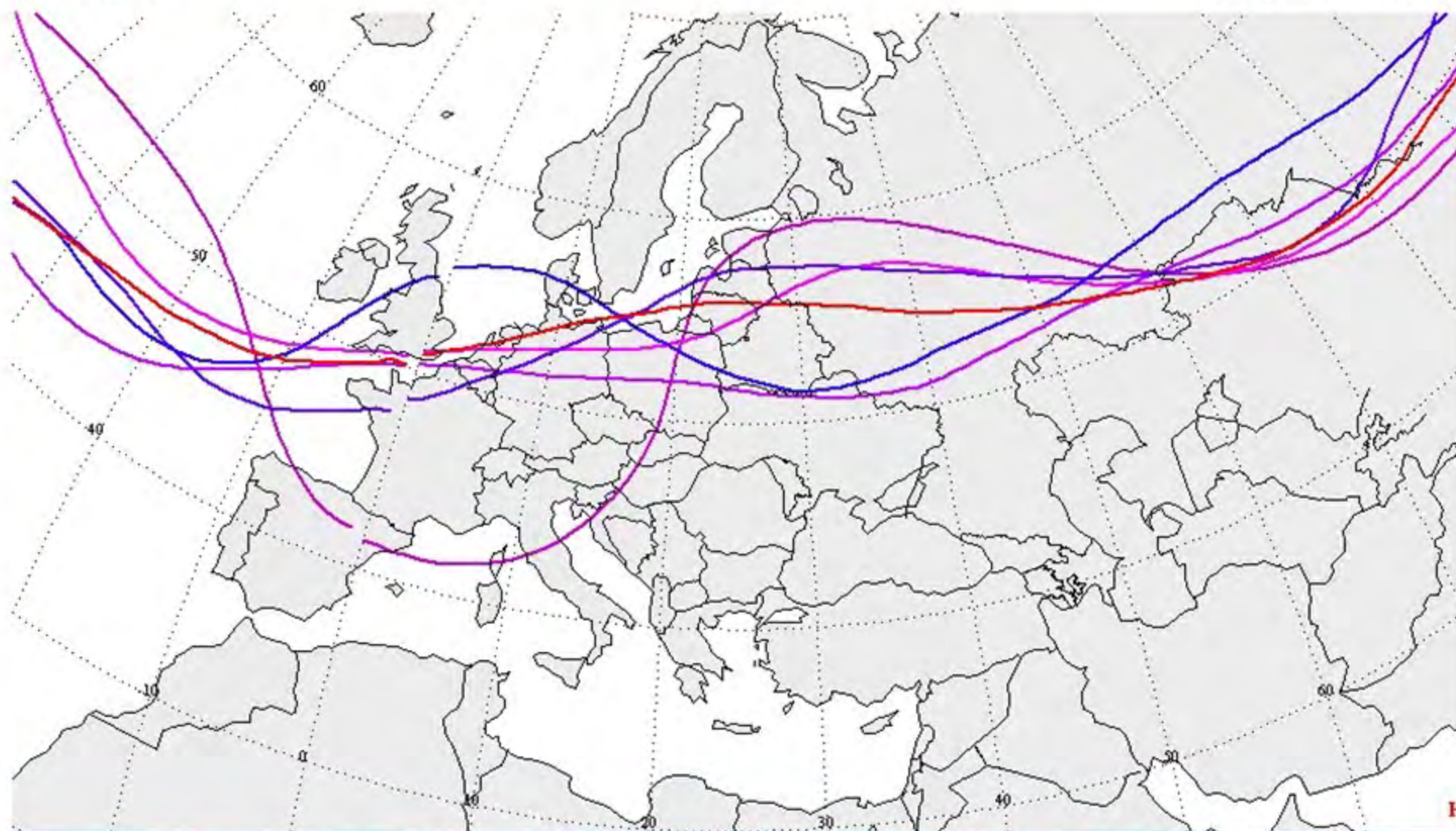
Синим цветом показана вероятность осуществления отрицательной аномалии давления, красным цветом – положительной аномалии, а зеленым цветом – нормы. Градации цветовой шкалы показывают степень уверенности в прогнозе того или иного знака аномалии приземного давления.

МАЙ АНАЛОГИ

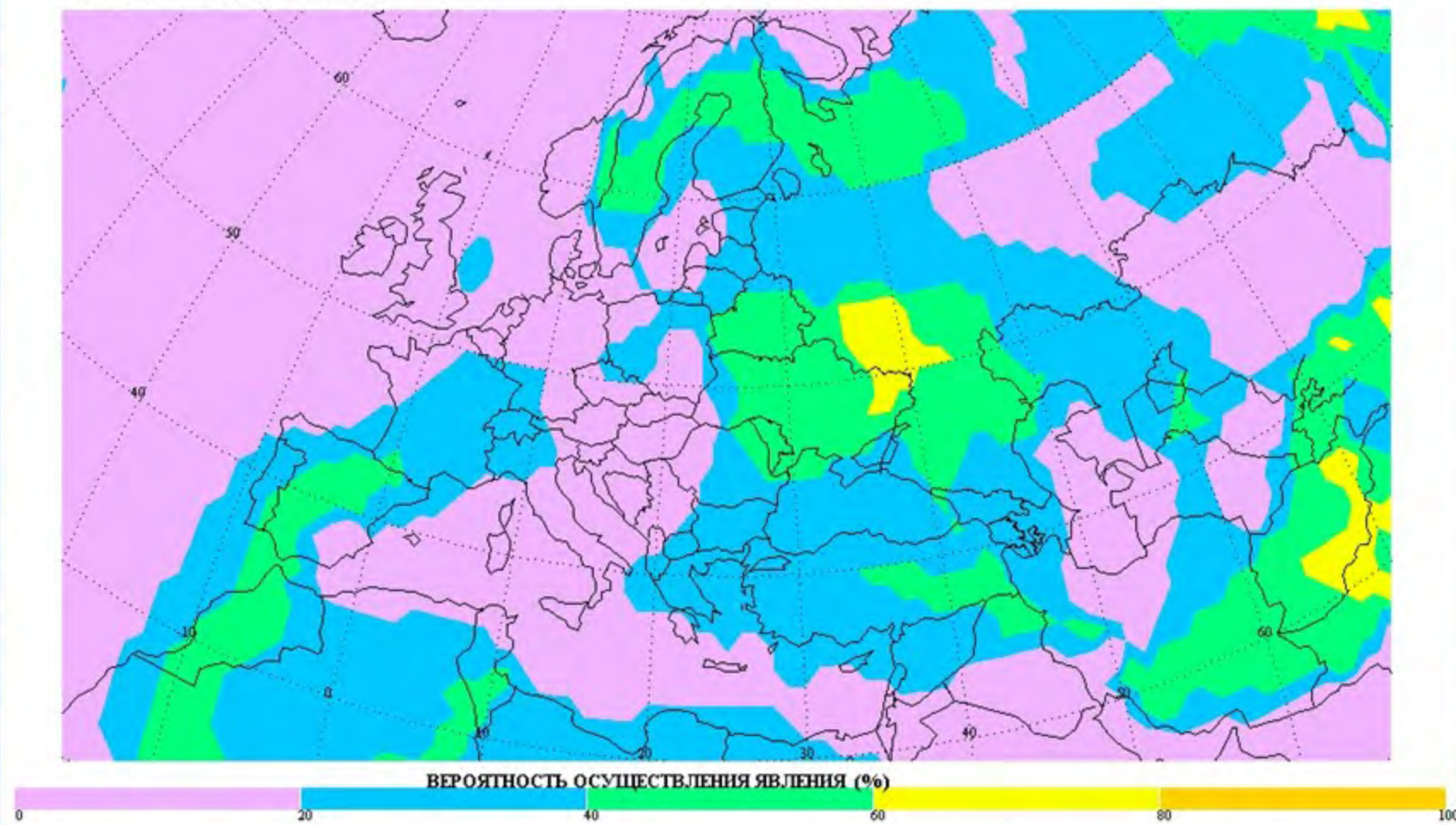
AT500

ИЗОГИПСА 5614

ГОДЫ

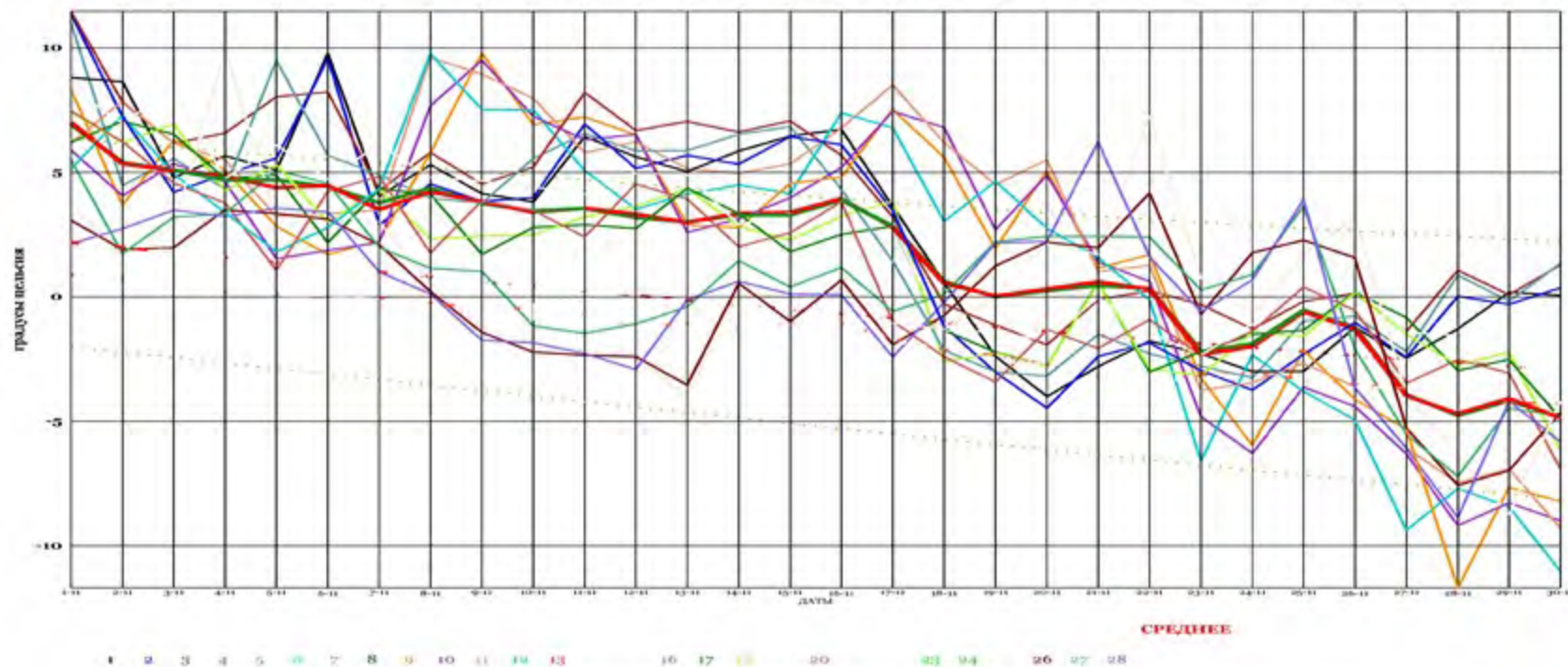


Карта осевой изогипсы высотной фронтальной зоны (ВФЗ) на геопотенциальной поверхности AT500 построенная для всех лет-аналогов. На карте определяется географический район, в котором изменчивость прогностических величин наиболее велика. Для этого района затруднительно выпустить прогноз с высокой степенью достоверности.

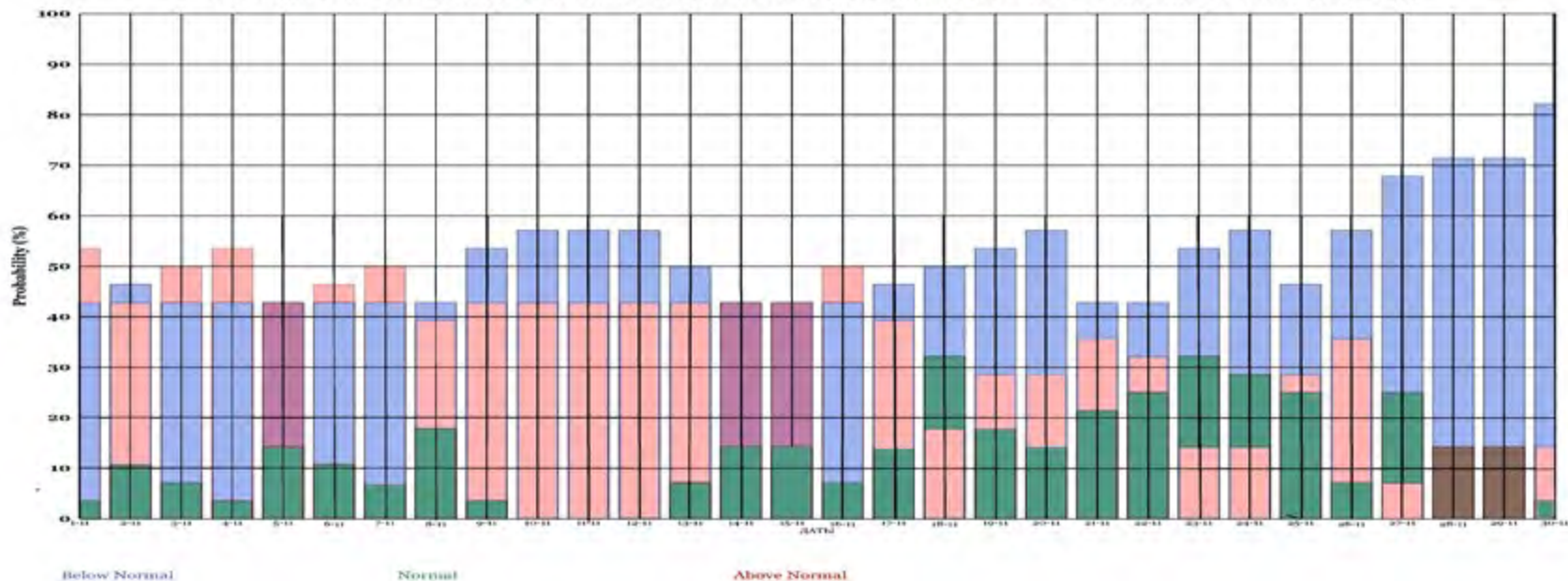


Карта оценки вероятности осуществления опасных явлений в выделенном географическом районе. Вероятность осуществления ОЯ определяется как процент попадания экстремального значения метеопараметра, во всех годах аналогах, в диапазон выше (для положительных значений параметра) или ниже (для отрицательных значений) заданного. В соответствии с этим строится карта, на которой цветовым заполнением наносятся вероятности осуществления экстремального значения метеопараметра по пространству выделенного географического района.

СРЕДНЕСУТОЧНЫЕ Т_{2М} ДЛЯ НОЯБРЬ ДОЛГОТА 30, ШИРОТА 60 (МОДЕЛЬ NCER CPSv2)



ВЕРОЯТНОСТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНОЙ КАТЕГОРИИ Т_{2М}, НОЯБРЬ ДОЛГОТА 30, ШИРОТА 60 (МОДЕЛЬ NCER CPSv2)



Выводы

Визуализация синоптико-статистических прогнозов в терминах вероятности увеличивает их информативность.

Карты, представленные в терминах вероятности, дополнительно позволяют прогнозисту:

- ❖ расширить диапазон применения прогноза предоставляя возможность вероятностной оценки рисков осуществления того или иного экстремального явления;
- ❖ определить районы, с высокой или низкой степенью уверенности прогноза;
- ❖ оценить вероятность осуществления того или иного знака прогностической аномалии метеопараметра;
- ❖ изучить различные сценарии макропогоды для района прогноза.

Главной проблемой реализации вероятностного подхода в прогнозах, разработанных по методам синоптических школ, является вопрос ограничения количества членов прогностического ансамбля. Начальные условия «природной модели» для каждого из прогностических членов имеют значительно большие отличия друг от друга, чем в случае ансамблевого прогнозирования.

Основным вопросом становится ограничение предельного значения параметра сходства, по которому аналоги (гомологи) вносятся в состав ансамбля.

Комплексирование синоптико-статистических и гидродинамических прогностических систем

Так как к настоящему моменту технология разработки синоптических методов прогнозов уже перешла от «бумажной» в «компьютерную» стадию использования данных реанализов, применения объективных процедур поиска аналогов и построения прогностических карт, в том числе вероятностных, то стало возможным проведение исследования по комплексированию результатов принципиально отличающихся друг от друга синоптико-статистического и гидродинамического подходов.

Из опыта комплексации гидродинамических долгосрочных прогнозов погоды, разрабатываемых как за рубежом, так и в России известно, что объединенный прогноз имеет большую успешность, чем каждый из отдельно взятых прогнозов.

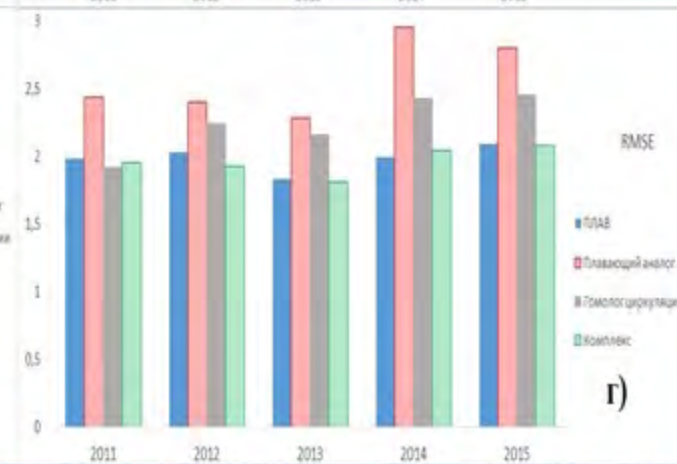
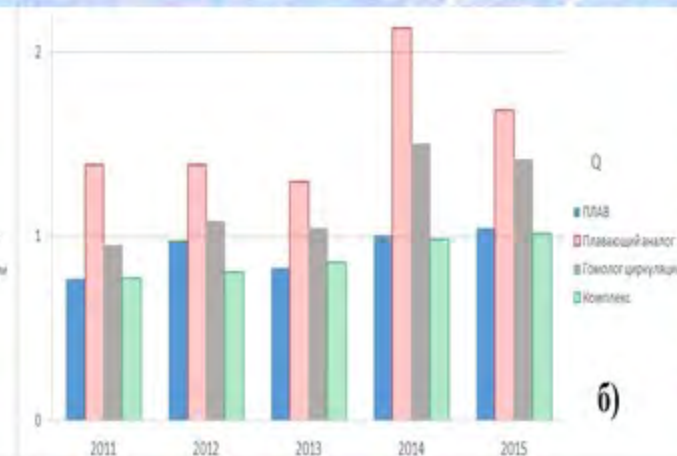
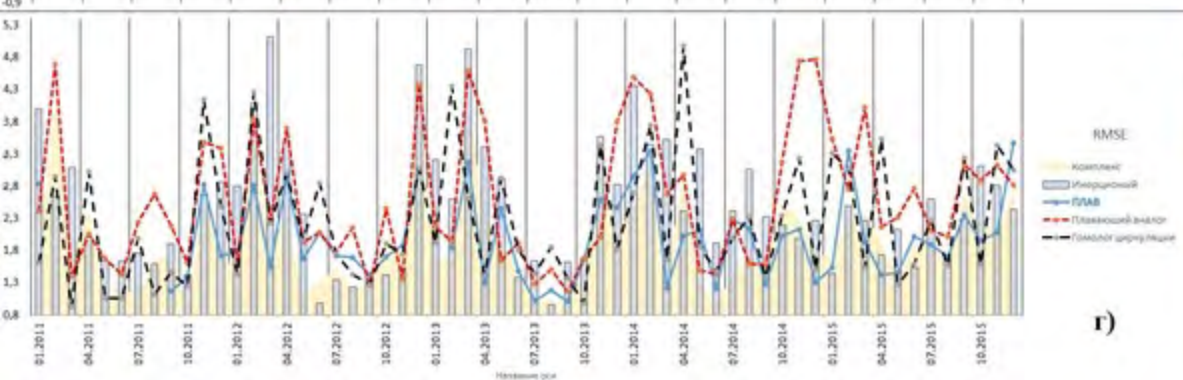
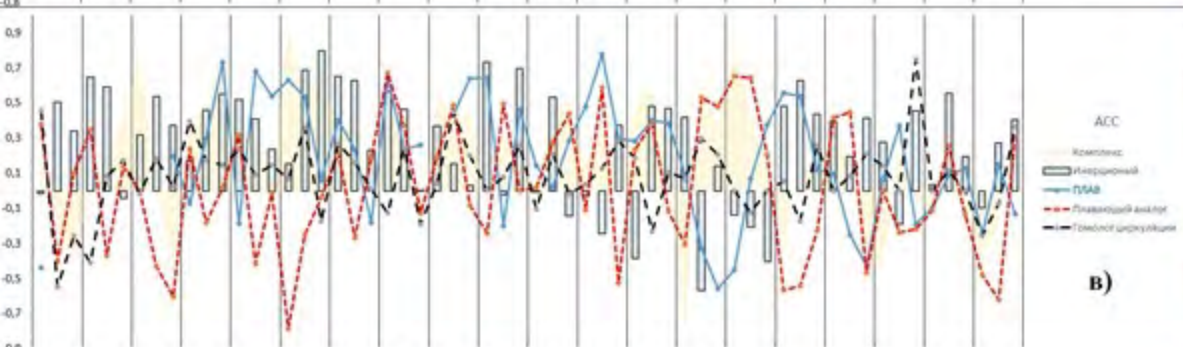
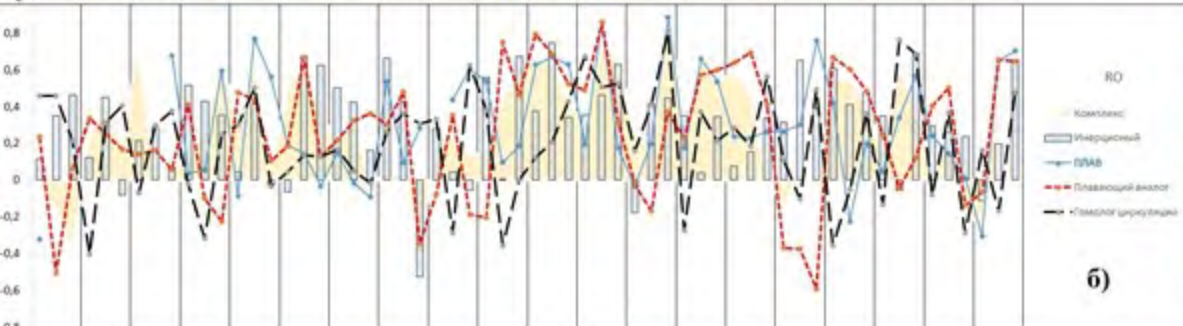
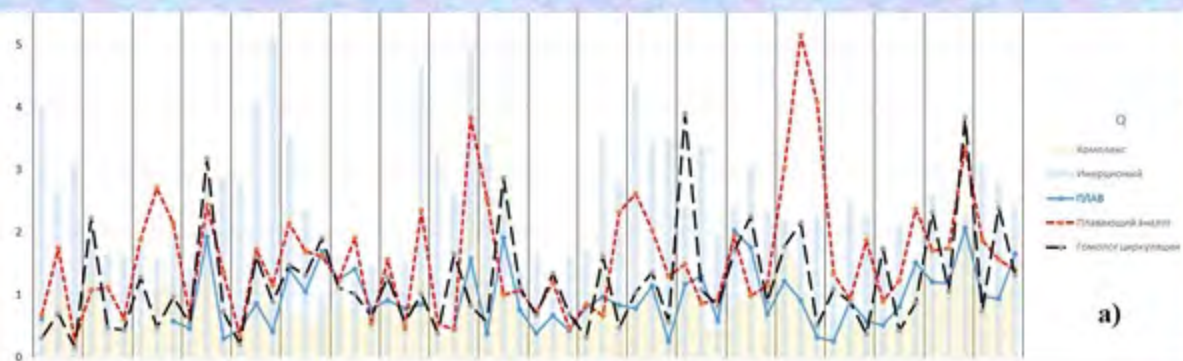
Авторы надеются, что использование ансамблевого гидродинамического метода, совместно с эмпирическим методом «группового гомолога», позволит не только улучшить качество результирующего прогноза, но и сохранить преемственность накопленного синоптического опыта в приложениях к гидродинамическим долгосрочным прогнозам.

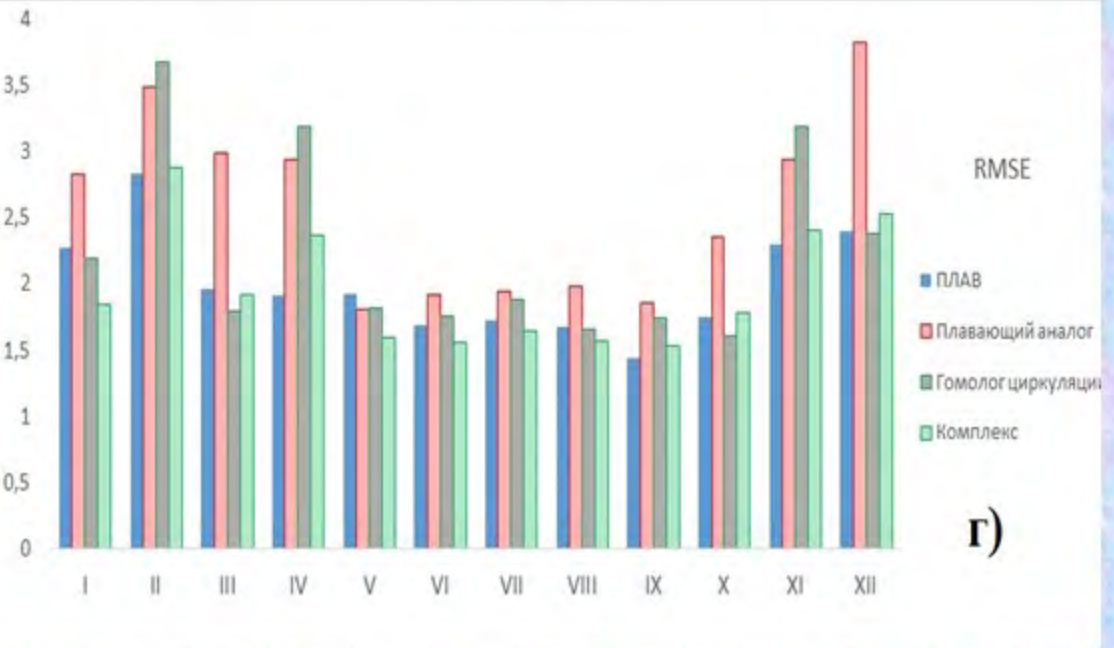
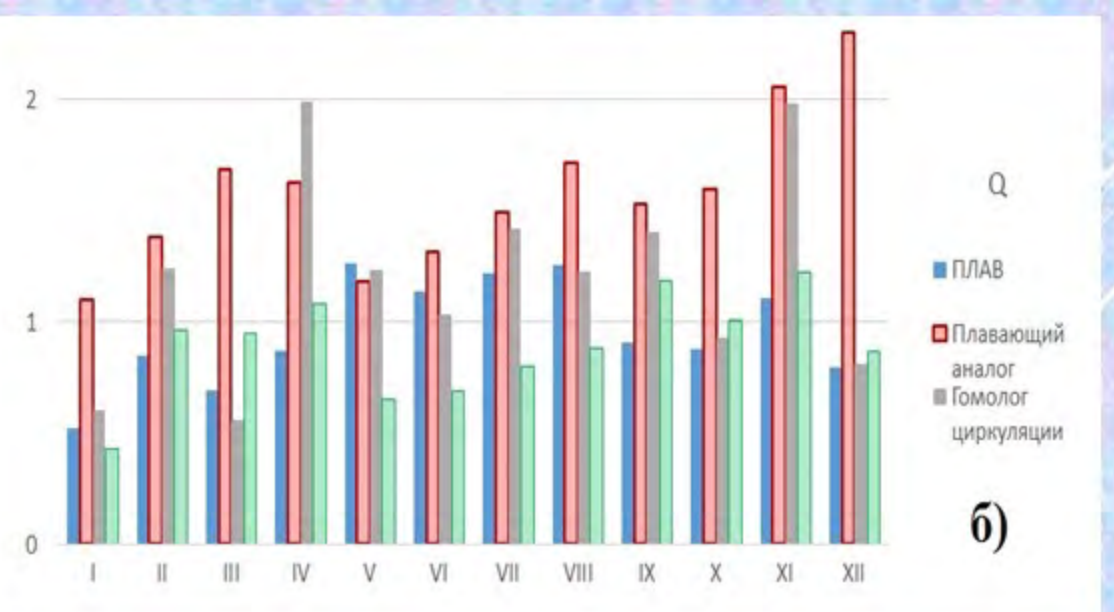
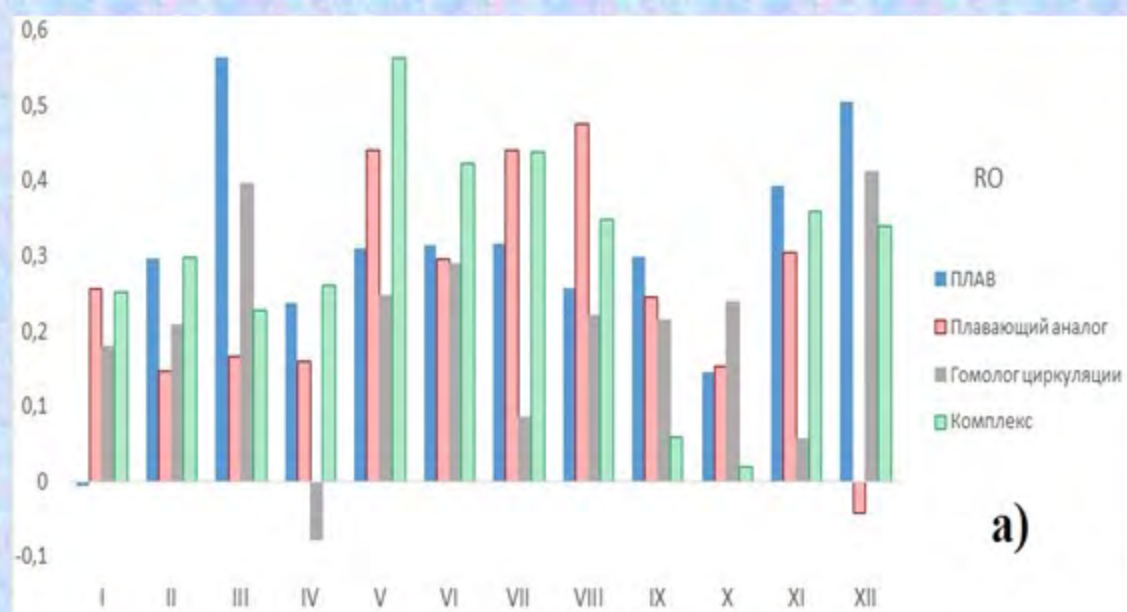
Для разработки методики комплексирования прогноза погоды на месяц по территории Восточной Европы были проведены испытания трех типов методических прогнозов.

1. Численные ансамблевые долгосрочные прогнозы, рассчитываемые по модели общей циркуляции атмосферы ПЛАВ, разработанной в Гидрометцентре России совместно с Институтом вычислительной математики РАН.
2. Прогнозы разрабатываемые по физико-статистическому методу «Плавающий аналог», который разработан и используется в оперативной практике Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института (УкрГМИ).
3. Макроциркуляционный, синоптико-статистический метод гомологов циркуляции, в основе которого лежит метод прогноза «Вангенгейма-Гирса». Метод был разработан и используется в Северо-Западном Управлении Гидрометслужбы в качестве вспомогательного.

При проведении сравнительного анализа прогнозов, было принято решение рассматривать в качестве района прогноза Европейский регион. Регион ограничен координатами: от 40 до 65 градусов северной широты и от 10 градусов западной долготы до 70 градусов восточной долготы. Период, за который проводилась оценка качества прогнозов, составляет 5 лет с 2011 по 2015 год. Количество проанализированных прогнозов - 60

Типы прогнозов	ПЛАВ	ГОМОЛОГ ЦИРКУЛЯЦИИ	ПЛАВАЮЩИЙ АНАЛОГ	Комплексный
Пространственное разрешение	2.5x2.5 градуса	1x1 градуса	5 x 5 градуса	2.5x2.5 градуса
Регион прогноза	Весь земной шар	Атлантико-Европейский сектор	Атлантико-Европейский сектор	Атлантико-Европейский сектор
Заблаговременность выпуска прогноза	От 2 до 7 суток	От 5 до 15 суток	5 суток	5 суток
Прогнозы представлены за период	2011 -2015	2011-2015	2011-2015	2011-2015
Количество прогнозов	52	60	60	52





Выводы

- I. Модель ПЛАВ имеет наиболее высокую успешность в сравнении с другими методами. В большинстве месяцев RMSE для ПЛАВ являются самыми низкими при самых высоких значениях ACC. Прогнозы температуры воздуха по модели ПЛАВ наиболее успешны в феврале, марте, апреле и с мая по декабрь.
- II. Метод ГОМОЛОГОВ ЦИРКУЛЯЦИИ наиболее стабильно прогнозирует крупномасштабные циркуляционные особенности атмосферы и имеет наименьшую амплитуду разброса оценок качества в течение всего года. Максимальная успешность метода наблюдается в марте, мае, июне, ноябре и декабре.
- III. Прогнозы, составленные по методу ПЛАВАЮЩИЙ АНАЛОГ нестабильны с точки зрения успешности, но лучше всего оправдываются в январе, наиболее сложном для прогнозирования месяце года.

Комплексирование трех методов позволяет объединить их сильные стороны.

- I. Комплексный прогноз становится самым успешным из методических прогнозов в январе, феврале и с мая по август. Наименьшая успешность прогнозов наблюдается в апреле, сентябре и октябре. К недостаткам комплексного метода относится высокая среднеквадратическая ошибка прогнозов.
- II. Обнаружена высокая степень синхронности в изменении качества прогнозов, разработанных на различной методической основе. Для всех изученных методов характерно снижение их качества в зимние месяцы и в период весенней перестройки циркуляции атмосферы. Положительные аномалии температуры над европейской территорией СНГ прогнозируются успешней, чем отрицательные аномалии.
- III. Качество всех рассмотренных методических прогнозов в высокой степени зависит от инерционности макроциркуляционных процессов. Наиболее часто инерционность нарушается в марте, апреле, мае и сентябре. Качество методических прогнозов падает при резких перестройках полей метеопараметров в те же календарные месяцы, что и качество инерционных прогнозов температуры.

Комплексирование прогнозов позволяет частично компенсировать слабые стороны одной из рассмотренных методик сильными сторонами других, но не решает проблему окончательно.