

УДК 551.509.331

АНСАМБЛЕВЫЙ ПОДХОД ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ДОЛГОСРОЧНЫХ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ, РАЗРАБОТАННЫХ СИНОПТИЧЕСКИМИ
МЕТОДАМИ

Цепелев В.Ю*., Хан В.М.**

v0010200@mail.ru, khan@mecom.ru

* Департамент Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды по Северо-Западному федеральному округу
23-я линия В. О., 2а, Санкт-Петербург, 199106

** Гидрометцентр России, Москва, Б.Предтеченский пер., 11-13, 123242

ENSEMBLE APPROACH IN LONG-RANGE FORECASTING BASED ON
SYNOPTICAL METHODS

* Tsepelev V.Yu., ** Khan V.M.

v0010200@mail.ru, khan@mecom.ru

* Department of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring in
the North-West Federal District Organization, S.-Petersburg, 23-d line V.O., 2a, zip: 199106

** Hydrometcenter of Russia, Moscow, B.Predtechensky per., 11-13, zip: 123242

Key words: Synoptical forecasts, probabilistic interpretation, ensemble approach, mulimodel
forecasts, skill scores

Abstract

In the present study we demonstrated the possibility of using probabilistic approach in long-range forecasting based on traditional synoptical schools of Wengenheim-Girs and Mul'tanovskii-Pagava. Probabilistic interpretation of the synoptical forecasts has been realized in analogy with the ensemble approach used in hydrodynamical forecasting methods. Some examples of air temperature forecasts represented in deterministic and probabilistic forms were analyzed. Statistical experiments of complexation of synoptical and hydrodynamical forecasts were carried out for the air temperature in the European region for the period of 2011 through 2015. Individual and combined forecasts were assessed using different skill score parameters. It was concluded that the use of the probabilistic approach to the synoptical forecasting methods is increasing their information content and expands visualization possibilities. Complexation of diverse methods in the most cases, allows to combine their strengths and improve the quality of resulting prediction.

В последние годы в практике долгосрочных прогнозов активно применяется идеология ансамблевого прогнозирования, позволяющая формулировать прогноз в терминах вероятности. При составлении долгосрочных прогнозов синоптико-статистическими

методами ансамблевый подход не используется, хотя их методические основы позволяют достаточно легко перейти к вероятностному представлению прогнозов. Внедрение в оперативную практику новых, вероятностных видов прогнозов, составленных синоптическими методами, является первым шагом на пути к их обновлению.

В данной работе продемонстрированы возможности применения вероятностной терминологии при составлении долгосрочных прогнозов по методикам школ Вангенгейма-Гирса и Мультиановского-Пагавы. Вероятностная интерпретация долгосрочных синоптических прогнозов реализована по аналогии с ансамблевым подходом, применяемым в гидродинамических методах.

Подбор аналогов (гомологов) циркуляции к текущим макросиноптическим процессам является основным приемом разработки прогнозов в синоптических методах школ Вангенгейма-Гирса [2] и Мультиановского-Пагавы [2]. Мы не будем останавливаться на подробном изложении технологии составления прогноза по каждому из упомянутых выше методов. Обратим лишь внимание на то, что в обоих случаях при поиске аналога (гомолога) подбирается не один, а целая группа макроциркуляционных процессов схожих с исходным по пространственному распределению крупномасштабных полей метеопараметров. Следуя подходу Мультиановского-Пагавы, из группы аналогов производится выбор наилучшего из них с учетом максимальной обеспеченности статистических и динамических признаков. Лучший аналог и является результирующим прогнозом. В случае применения метода Вангенгейма-Гирса результирующим прогнозом является среднее поле по отобранной группе гомологов (аналогов). С целью вероятностного представления предлагается как в методе Вангенгейма-Гирса, так и в методе Мультиановского-Пагавы перейти к использованию не единственного аналога, а всей выбранной группы аналогов/ гомологов. Каждый из выбранных аналогов имеет схожее с остальными начальное состояние, которое и является начальным состоянием «природной модели». Групповой аналог можно рассматривать как результат множественного расчета «природной модели» с отличающимися краевыми условиями. Неточно определенные краевые условия подчиняются вероятностному распределению в фазовом пространстве «природной модели». Таким образом, прогнозы по синоптическому методу группового аналога можно также формировать в терминах вероятности, как и ансамблевые прогнозы, что существенно расширяет их информативность и область применения.

Следует отметить, что переход к вероятностной форме представления прогноза накладывает определенные условия на прогностическую информацию, а именно:

1. Представление прогностических аномалий по градациям – (выше нормы, норма, ниже нормы), вместо детерминированных значений прогностического параметра.
2. Для каждой прогностической градации рассчитывается вероятность ее осуществления. Вероятность осуществления градации - это отношение числа случаев прогнозов, относящихся к данной градации, к общему объему выборки всех прогнозов.

Ниже рассмотрен конкретный пример традиционного представления результатов синоптического прогноза температуры воздуха на уровне 2 метра на декабрь 2013 по методу Вангенгейма-Гирса, а также вариант этого же прогноза, представленного в терминах вероятности.

Для составления прогнозов и их верификации использовались глобальные поля основных метеопараметров в нижней и средней тропосфере, полученные из реанализа NCEP/NCAR [7] с пространственным разрешением 2.5 градуса по широте и долготе.

Визуализация и анализ прогностического материала осуществлялись с помощью автоматизированного программного средства, разработанного в Северо-Западном Управлении Гидрометслужбы [5]

На Рис. 1 представлены среднее поле по типовой группе и фактическое распределение аномалий приземной температуры в декабре 2013 года. Поля аномалий температуры отобранных гомологов хорошо согласуются между собой на западе и северо-западе ЕТР (положительная аномалия) и значительно отличаются друг от друга в Западной Сибири и юге ЕТР.

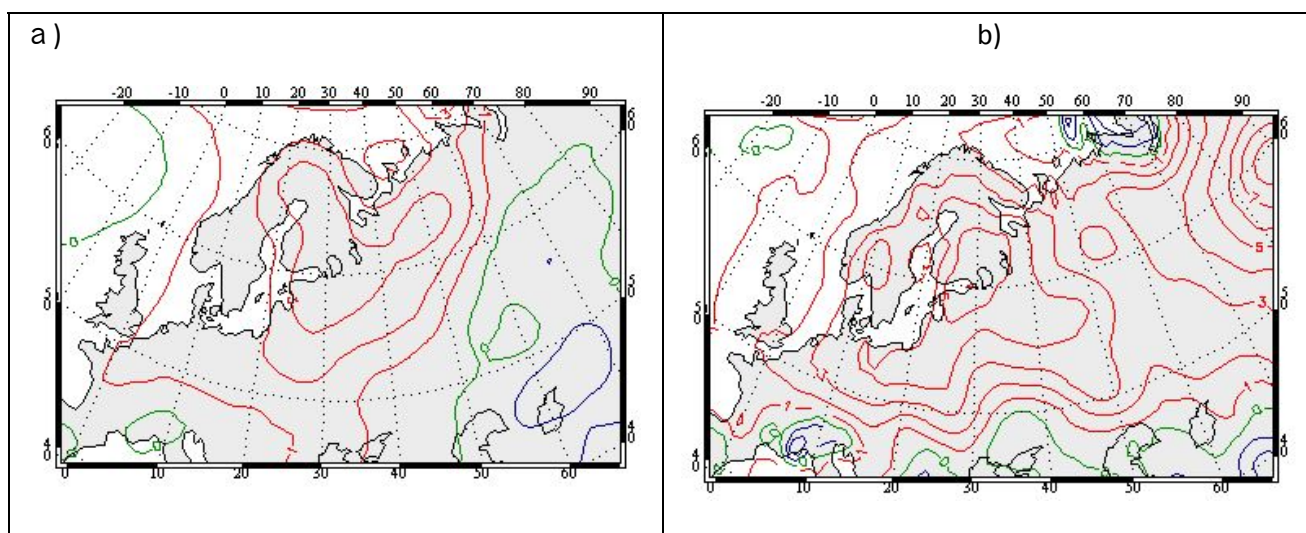


Рисунок 1. а) Карты среднего поля температуры по типовой группе гомологов в состав которой вошли - 1990, 1994, 1999, 2004, 2011 гг. Прогноз составлен на декабрь 2013 года, по методу Вангенгейма-Гирса. Красным цветом показаны положительные аномалии температуры, синим – отрицательные, зеленым – норма. б) Фактическое поле аномалии температуры воздуха за декабрь 2013 г.

На средней прогностической карте группового аналога положительные аномалии температуры занимают практически всю ЕТР и Западную Сибирь, а отрицательные аномалии температуры занимают Среднюю Азию и Кавказ (Рис. 1а). На фактической карте аномалий температуры положительные аномалии располагаются на западе и центральной части ЕТР, над южным Кавказом располагается область отрицательной аномалии, а над большей частью Западной Сибири и Средней Азией температура близка к норме (Рис. 1б).

Прогноз аномалии температуры для Западной Сибири, напротив, значительно отличается от фактически осуществившегося пространственного распределения аномалий. Никакой дополнительной информации, которая бы указывала на вероятность осуществления того или иного температурного режима, из детерминистического прогноза мы не получили.

Рассмотрим прогноз на декабрь 2013 года, представленный в терминах вероятности. На карте вероятности осуществления знака аномалии температуры, построенной по групповому аналогу (Рис. 2а), над западной и центральной частью ЕТР, а также Скандинавией, располагается область повышенной вероятности осуществления положительной аномалии температуры. Прогноз температурной аномалии над Западной Сибирью и Кавказом не определен, вследствие существенных разногласий в знаке аномалии температуры между годами-гомологами, составляющими группу. Над Средней Азией высока вероятность осуществления нулевой аномалии температуры. Карта прогностической вероятности хорошо согласуется с фактически осуществившимся распределением поля аномалий. Карта поля дисперсии температуры, рассчитанная по групповому аналогу (Рис. 2б), соответствует карте вероятности и показывает низкий разброс параметра внутри группы по ЕТР и высокий в Западной Сибири.

Анализ фактической карты за декабрь 2013 года показывает, что прогноз, полученный с использованием дополнительной вероятностной информации, неплохо оправдался. Распределение положительных и отрицательных аномалий соответствует фактически наблюдаемому.

Наглядный пример демонстрирует, что использование вероятностной прогностической информации позволяет уточнить пространственное распределение аномалий прогнозируемых параметров и оценить вероятность осуществления их знака. В дополнение, вероятностный подход расширяет возможности использования прогнозов, разработанных в рамках действующих синоптических школ [6].

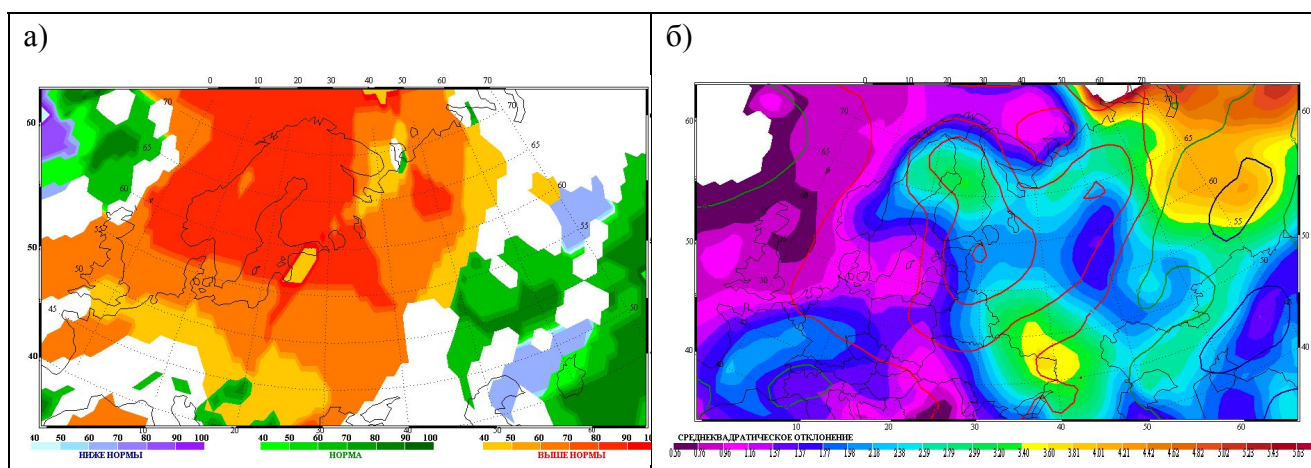


Рисунок 2. (а) - Карта вероятностного прогноза осуществления знака аномалии поля температуры по лучшей типовой группе на декабрь 2013 года. Оттенки красного – градации вероятности осуществления положительной аномалии температуры. Оттенки зеленого - градации вероятности осуществления значений аномалий около нормы. Оттенки синего - градации вероятности осуществления отрицательной аномалии температуры.

(б) - Пространственное распределение поля дисперсии приземной температуры воздуха, характеризующей разброс прогностических значений внутри прогностической типовой группы на декабрь 2013 года. Состав типовой группы - 1990, 1994, 1999, 2004, 2011.

Прогноз составлен по методу Вангенгейма-Гирса. Изолинии – прогностические аномалии температуры, где красным цветом показаны положительные аномалии температуры, синим – отрицательные, зеленым – норма. Фон – дисперсия приземной температуры.

Качество долгосрочных прогнозов по синоптическим методам ограничено длиной ряда наблюдений. Чем длиннее ряд наблюдений, с тем большей вероятностью можно подобрать хороший аналог к текущему макросиноптическому процессу. Длина ряда наблюдений увеличивается медленно, поэтому качество синоптических долгосрочных прогнозов при корректной методике выбора аналога быстро достигает своего предела. С целью улучшения качества синоптических прогнозов в настоящей работе были проведены эксперименты по комплексированию синоптических и гидродинамических прогнозов температуры воздуха по Европейскому региону на месяц. Эксперименты проводились для периода с 2011 по 2015 годы.

Для решения задачи использовались следующие методические прогнозы:

1. Численные ансамблевые долгосрочные прогнозы, рассчитываемые по модели общей циркуляции атмосферы ПЛАВ, разработанной в Гидрометцентре России совместно с Институтом вычислительной математики РАН [4].

2. Физико-статистический метод «Плавающий аналог» разработан и используется в оперативной практике Украинского научно-исследовательского Гидрометеорологического института (УкрГМИ) [1].

3. Макроциркуляционный, синоптико-статистический метод гомологов циркуляции, в основе которого лежит метод долгосрочного прогноза «Вангенгейма-Гирса». Разработан и используется в Северо-Западном Управлении Гидрометслужбы [3].

В ходе испытаний методов прогноза и их комплексирования были сделаны следующие предварительные выводы:

Модель ПЛАВ имеет наиболее высокую успешность в сравнении с другими методами (Рис.3). Прогнозы температуры воздуха по модели ПЛАВ наиболее успешны в феврале, марте, апреле и с мая по декабрь. 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. Прогнозы, составленные по методу ПЛАВАЮЩИЙ АНАЛОГ, лучше всего оправдываются в январе.

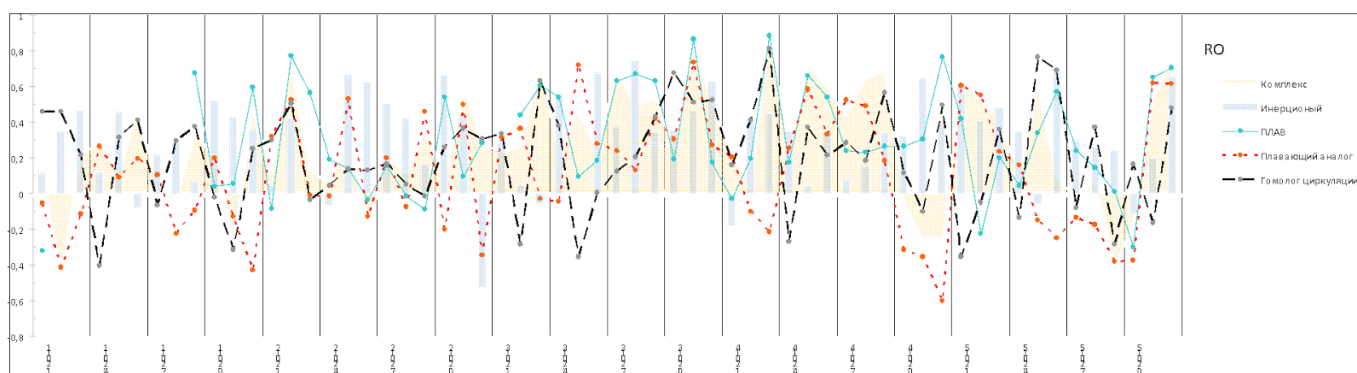


Рисунок 3. Временная изменчивость оценок качества прогнозов по параметру ρ для методов ПЛАВ, ПЛАВАЮЩИЙ АНАЛОГ, ГОМОЛОГ ЦИРКУЛЯЦИИ, КОМПЛЕКСНЫЙ, ИНЕРЦИОННЫЙ за период 2011-2015 гг.

Комплексирование трех методов позволяет объединить их сильные стороны, которые проявляются в разные для каждого из методов календарные месяцы. 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.

Литература

1. Мартазинова В.Ф., 1986: К вопросу об использовании аналоговых полей метеозаписей для прогноза // Труды УкрНИГМИ. -вып.219.- С.37-42.
2. Руководство по месячным прогнозам погоды. Л., Гидрометеиздат, 1972. 365 с.
3. Савичев А.И., В.Ю. Цепелев. Прогноз погоды на месяц по методу типовых макропроцессов. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 8, изд. РГГМУ, 2008, стр.62-81

4. Толстых М.А., Д.Б. Киктев, Р.Б. Зарипов, М.Ю. Зайченко, В.В. Шашкин, Воспроизведение сезонной атмосферной циркуляции модифицированной полулагранжевой модели атмосферы, Изв. РАН, сер. ФАиО, 2010, Т.46, N2. Стр. 149-160
5. Цепелев В. Ю. Специализированная информационно-вычислительная система анализа пространственно-временных рядов гидрометеорологических характеристик и ее использование в задачах разработки прогнозов погоды на месяц. Труды научного семинара Национальной академии наук Украины и Российского фонда фундаментальных исследований «ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ». Киев. Украина. 5-7 октября 2011. Изд. Ника. Киев 2012. Стр. 84-99. УДК 551.509; 551.509.3; 551.509.313.4, 550.38 ББК 26.23 П78
6. Цепелев В.Ю., В.М. Хан Вероятностное представление долгосрочных метеорологических прогнозов, разработанных синоптическими методами Метеорология и Гидрология, 2015, N4, 17-31.
7. Kalnay et al., The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470, 1996.