

# СИСТЕМА ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДЫ

## NUMERICAL WEATHER FORECASTING SYSTEM

*N. Shilina*

*Summary.* This paper presents a brief description of modern methods of prediction and meteorological weather forecasts using numerical methods and hydrodynamic models of the atmosphere. The practical significance of using numerical methods for predicting weather events is proved. Specific equations for determining the state of the atmosphere are presented. The article also provides diagrams of predictive grids in vertical, horizontal and three-dimensional representations and describes the differences between these models.

*Keywords:* numerical methods; numerical weather forecast; hydrodynamic models; predictive grid.

**Шилина Наталья Владимировна**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»  
n.v.shilina@gmail.com

*Аннотация.* В настоящей работе представлено краткое описание современных методов предвычисления и метеорологических прогнозов погоды с использованием численных методов и гидродинамических моделей атмосферы. Обосновано практическое значение использования численных методов для прогнозирования погодных явлений. Представлены конкретные уравнения для определения состояния атмосферы. Также в статье приводятся схемы прогностических сеток в вертикальном, горизонтальном и трехмерном представлении и описываются различия этих моделей.

*Ключевые слова:* численные методы; численный прогноз погоды; гидродинамические модели; прогностическая сетка.

Сотлетиями человечество интересовало погодные и климатические феномены, однако их предсказание до недавнего времени оставалось неясным и ненадежным процессом. К XIX веку синоптики научились наносить на специальные погодные карты точки с указанием давления и соединять линией точки с одинаковыми показателями. Так создавались шаблоны циклонов и антициклонов. Теперь для предсказания погодных явлений появился некоторый материал, однако и здесь прогнозист имел большое значение, поскольку применял свой опыт, память и достаточно примитивные методы вычислений, чтобы предсказывать движения воздушных масс.

Успехи термодинамики и в дальнейшем метеорологии во второй половине прошлого века были революционными. К XXI веку метеорология стала полностью формализованной областью научного знания, а ее практические результаты сегодня доступны обществу в качестве ежедневного и даже почасового прогноза погоды.

Численные (гидродинамические) методы прогнозирования климатических явлений основаны на математическом решении системы полных уравнений гидродинамики и получении прогностических полей давления и температуры для конкретных временных

промежутков. Следует отметить, что глобальное потепление привело к увеличению числа аномальных природных явлений и сделало особенно актуальным их точное предсказание, чему способствуют численные методы [6].

Необходимость применения численных методов обусловлена невозможностью использования глобальных моделей для точного определения метеорологических характеристик в конкретном регионе [9, 2]. Точность численных прогнозов зависит от скорости расчета вычислительных систем, от количества и качества информации, поступающей с метеостанций [8]. Чем больше данных, тем точнее расчет. Если техническая и математическая сторона метода ежегодно улучшается, то, к сожалению, в последние годы на территории нашей страны значительно уменьшилось число метеорологических и аэрологических станций, что существенно влияет на конечный результат [4, 5].

Современные методы прогнозирования климатических условий, элементов и явлений погоды основываются на информации, получаемой в результате расчета численных моделей атмосферы. Этот тезис не перестает быть актуальным уже три десятилетия, однако на разных этапах этого периода качество и ко-

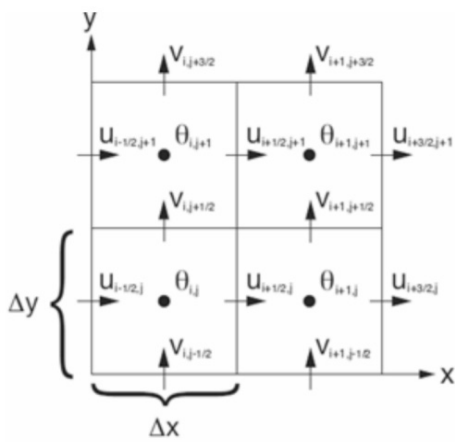


Рис. 1. Схема прогностической сетки, горизонтальная проекция

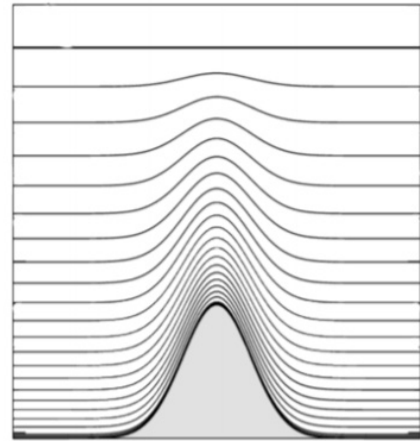


Рис. 2. Схема прогностической сетки, вертикальная проекция

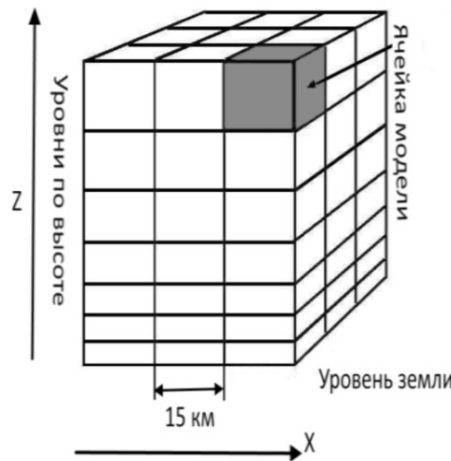


Рис. 3. Схема прогностической сетки, трехмерная проекция

личество информационного обеспечения процесса создания прогноза на основе модельных данных было различным [1].

Каждая гидродинамическая модель прогноза атмосферных параметров основывается на численном решении уравнений с помощью ЭВМ, которые описывают развитие состояния атмосферы [3]. Это:

- ◆ три уравнения движения для расчета компонент скорости перемещения воздушной массы:
 
$$dV/dt = F(\rho, p, \Omega, x, y, z, t), \quad (1)$$

$$dU/dt = F(\rho, p, \Omega, x, y, z, t), \quad (2)$$

$$dw/dt = F(\rho, p, \Omega, x, y, z, t); \quad (3)$$
- ◆ уравнение баланса массы (неразрывности):
 
$$dp/dt + Fp(pV) = 0; \quad (4)$$
- ◆ уравнение притока тепла:
 
$$dT/dt = FT(x, y, z, t); \quad (5)$$
- ◆ уравнение баланса влаги:
 
$$dq/dt = Fq(x, y, z, t). \quad (6)$$

Все уравнения модели записываются в узлах прогностической сетки. Как правило, это сетки с равномерными шагами по горизонтали и неравномерным по вертикали. Невысоко от земли расстояние между вертикальными уровнями меньше, а в свободной атмосфере, наоборот, больше. Схемы прогностической сетки показаны на рисунках 1–3.

Все модели различаются по следующим параметрам:

- ◆ пространственный охват (глобальные и региональные);
- ◆ методы решения;
- ◆ шаг по пространству (горизонтальное и вертикальное разрешение);
- ◆ физическое наполнение;
- ◆ метод описания физических процессов.

По пространственному охвату модели делятся на глобальные и региональные.

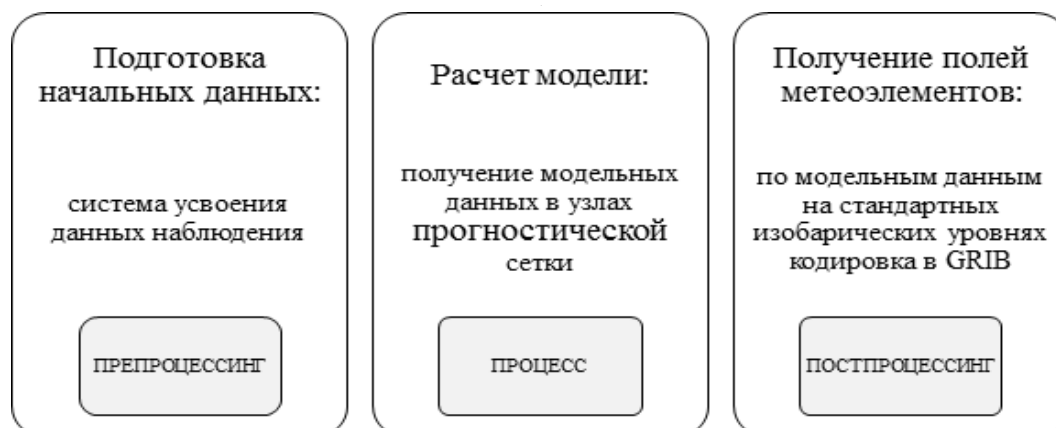


Рис. 4. Схема технологий численного прогнозирования погоды, глобальные модели

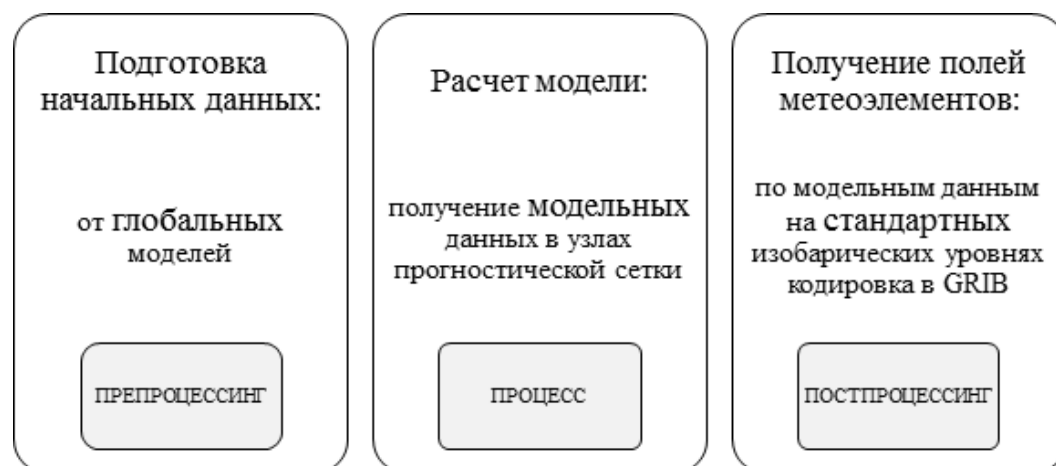


Рис. 5. Схема технологий численного прогнозирования погоды, региональные модели

Глобальные модели рассчитываются по всему земному шару, в то время как региональные модели используются для ограниченной территории. Очевидно, модели общей циркуляции атмосферы (для долгосрочных прогнозов и климата) бывают только глобальными. Для краткосрочного прогноза используются обычно региональные модели атмосферы [7].

Для расчета прогнозов по глобальным моделям необходимы начальные данные, которые получают посредством систем усвоения данных наблюдений.

Для расчета региональных моделей, кроме начальных данных, нужны еще данные на границе прогностической сетки на весь период прогноза. Совокупность начальных и граничных данных региональных моделей получают из глобальных моделей.

Схемы современных технологий численного прогнозирования погоды на основе глобальных и региональных моделей приведены на рисунках 4 и 5 соответственно. Объединение всех процессов в единое целое называется системой численного прогнозирования погоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багров А. Н. Сравнительная оценка успешности прогнозов элементов погоды на основе ряда отечественных и зарубежных моделей атмосферы различного масштаба (в период с апреля по сентябрь 2011 года) // Информационный сборник № 39 «Результаты испытаний новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». Москва. — 2012. — С. 69–79.
2. Ботыгин И. А., Шерстнев В. С., Шерстнева А. И. Программные средства построения мезомасштабных атмосферных моделей // Вестник евразийской науки, 2015, том 7, № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnye-sredstva-postroeniya-mezomasshtabnyh-atmosfernyh-modeley>

3. Вербицкая Е. М. Современные методы и технологии прогнозирования метеорологических параметров // Хабаровск, 2018. 88 с.
4. Вербицкая Е.М., Романский С. О. Применение высокопроизводительных систем для численного прогноза погоды в Дальневосточном регионе России // Вестник Тихоокеанского государственного университета. — 2015. — № 3 (38). — С. 131–140.
5. Вербицкая Е.М., Романский С. О. Система численных прогнозов погоды для метеорологического обслуживания авиации в Дальневосточном регионе России // Метеоспектр. — 2016. — № 4. — С. 50–55.
6. Гончуков Л.В., Ламаш Б. Е. Численный прогноз опасных явлений погоды по северу Приморского края // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2010, № 6, с. 17–23.
7. Информационный сборник «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». Вып. 35, 2008, вып. 39, 2012, вып. 41, 2014, 42, 2015.
8. Костарев С.В., Русин И. Н. Оценка качества численного прогноза температуры воздуха в зависимости от синоптической ситуации в Пермском крае // Географический вестник, 2019, № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://press.psu.ru/index.php/geogr/article/view/2640>
9. Фоменко А. А. Численный прогноз погоды для сибирского региона // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2009. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chislennyy-prognoz-pogody-dlya-sibirskogo-regiona>

---

© Шилина Наталья Владимировна ( n.v.shilina@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский Государственный Университет