

Прогнозы погоды и климата и присущие им ограничения

1. Успехи XX века

К концу XX столетия мировое метеорологическое сообщество достигло выдающихся успехов в краткосрочном и среднесрочном прогнозировании погоды. К таким успехам можно отнести:

- научные достижения в понимании глобальных атмосферных процессов и динамики атмосферы, в математическом описании поступающей от Солнца радиации, переноса, отражения, поглощения коротковолнового и длинноволнового излучения, процессов конденсации и испарения, таяния/замерзания осадков, механизмов перемешивания воздушных масс, включая конвекцию и турбулентность, процессов взаимодействия с сушей и океаном;

- разработку в ряде стран глобальных, региональных и мезомасштабных гидродинамических численных моделей общей циркуляции атмосферы, позволяющих прогнозировать поля метеорологических элементов на 5-7 суток с приемлемой для многих потребителей точностью;

- создание в крупных метеорологических центрах, оснащенных мощной вычислительной техникой уникальных технологий, позволяющих внедрить эти модели в оперативную практику;

- создание и организацию непрерывного функционирования глобальных международных систем наблюдений, телесвязи и обработки данных, позволяющих осуществлять наблюдение за погодой, передачу данных наблюдений в метеорологические центры и распространение продукции в прогностические центры Национальных метеорологических служб.

2. Международный характер сложившейся системы прогнозирования

Оперативное составление прогнозов по гидродинамическим моделям общей циркуляции требует постоянной поддержки дорогостоящих систем наблюдений и автоматизированных технологий сбора и обработки глобальной метеорологической информации, а также наличие мощного научного потенциала для развития и совершенствования самих моделей. Поэтому в сфере мониторинга и прогнозирования погоды более 130 лет существует тесное международное сотрудничество по линии Всемирной Метеорологической Организации (ВМО). ВМО представляет собой комплексную систему, состоящую из национальных средств и услуг, которые принадлежат отдельным странам, являющимися членами ВМО. Члены ВМО берут на себя соответственно своим возможностям обязательства по согласованной схеме с тем, чтобы все страны могли получать выгоды от объединенных усилий. В рамках ВМО создана международная прогностическая индустрия, состоящая из мировых (ММЦ) и региональных (РМЦ) метеорологических центров, оборудованных современными средствами и технологиями за счет стран, взявших на себя добровольные обязательства по функционированию таких центров. Продукция мировых и региональных метеорологических центров в виде численных анализов и прогнозов метеорологических полей представляется для использования всем членам ВМО через их национальные метеорологические центры (НМЦ).

3. Изменения в технологии подготовки прогноза погоды оперативным метеорологом

В результате научных достижений технология составления прогноза погоды метеорологом в конкретном пункте или районе коренным образом изменилась по сравнению с прежними годами. Успехи в развитии численного моделирования атмосферы привели к централизации и даже глобализации основного этапа прогноза - прогноза полей

метеорологических величин, опираясь на который оперативный метеоролог составляет прогноз элементов и явлений погоды для конкретного пункта, района или территории. Вместе с тем сохраняется важнейшая роль прогнозиста в интерпретации выходной продукции численных моделей и использовании при составлении прогноза объективных методов прогноза метеорологических величин и явлений погоды, а также оперативных данных различных наблюдательных систем. Эта роль особенно важна при составлении прогноза опасных явлений погоды.

4. Ограничения предсказуемости погоды

Оперативные модели, используемые в крупных метеорологических центрах, имеют предел предсказуемости в 5-7 суток и отличаются друг от друга по своим характеристикам, применяемым численным процедурам, технологии обработки данных и мощности вычислительных средств. Поэтому прогностические значения метеорологических величин могут иметь различные, хотя и сравнимые значения. Важно также отметить, что большой прогресс в численном моделировании атмосферы касается, главным образом, крупномасштабных погодных систем. Мелкомасштабные образования протяженностью несколько десятков и даже сотен километров, с которыми связаны опасные гидрометеорологические явления, пока не могут быть спрогнозированы численными моделями.

Прогноз таких образований составляется специалистом - синоптиком на основе интерпретации продукции численных моделей и использования дополнительной информации, отражающей развитие мезомасштабных процессов (данных радиолокационных наблюдений, спутниковых данных и др.). Поэтому, несмотря на развитие мезомасштабных численных моделей и автоматизированных средств наблюдений, прогнозы локальной погоды всегда будут связаны с некоторой неопределенностью в отношении конкретного местоположения, времени и интенсивности метеорологических явлений. Особенно это касается экстремальных явлений, которые возникают редко и внезапно, существуют непродолжительное время и которые зачастую возможно спрогнозировать только с небольшой (1-3 часа) заблаговременностью.

5. Борьба с неопределенностью

Строго говоря, неопределенность присуща не только прогнозам погоды, но и даже степени оценки текущего состояния атмосферы. Если бы можно было выразить присущую неопределенность количественным образом, то ценность прогнозов для лиц, принимающих решения значительно бы возросла. Решение этой проблемы состоит в использовании группы прогнозов (ансамбля) по ряду отличающихся начальных условий для одной модели или группы моделей численного прогноза с различными, но равновероятными приближениями. Ансамбль прогнозов охватывает ряд возможных результатов, обеспечивая диапазон данных, где могут возрастать неопределенности. В результате по ансамблю прогнозов можно автоматически получить информацию о вероятностях, применительно к требованиям потребителей.

6. Долгосрочные прогнозы погоды

Детализированные прогнозы метеорологических величин и явлений погоды или последовательности метеорологических систем на месяц, на сезон и далее являются ненадежными. Хаотический характер движений в атмосфере определяет основной предел предсказуемости порядка 10 дней для таких детерминистических прогнозов. Однако, некоторая предсказуемость средних аномалий температуры и осадков существует в течение более длительного периода благодаря, в основном, взаимодействию между атмосферой и океаном, а также поверхностью суши и льда. Вместе с тем, по сравнению с атмосферой океан изучен мало, и поэтому дальнейший прогресс в долгосрочном прогнозировании погоды невозможен без активизации исследований региональных и глобальных процессов в океане.

7. Предсказание климата

В прогнозировании климата самыми важными вводными данными моделей являются будущие изменения в парниковых газах и других радиационно активных веществах. Они изменяют радиационное воздействие на планету и вызывают климатические изменения в очень длительных временных масштабах. Поэтому при моделировании возможного состояния будущего климата следует употреблять термин «перспективная оценка», а не «прогноз» или «предсказание».

Физические процессы, которые не являются важными в прогностических моделях общей циркуляции на срок 5-7 суток и даже при долгосрочном прогнозировании, становятся определяющими при моделировании климата. Особенно это касается динамики океанической циркуляции, изменения ландшафта подстилающей поверхности и эволюции снежно-ледового покрова. Изучение этих процессов потребует значительных усилий, прежде чем появится возможность воспроизводить многие аспекты климата реалистично. Вместе с тем, несмотря на сложность физических процессов, имеется определенная уверенность в том, что существующие модели климата обеспечивают полезную перспективную оценку его изменения.

Уже в настоящее время многие модели позволяют удовлетворительно моделировать климат. Более того, моделирование вполне в состоянии воспроизвести наблюдаемые крупномасштабные изменения, произошедшие в приземной температуре воздуха за двадцатое столетие. Эта крупномасштабная согласованность между результатами моделирования и наблюдениями придает уверенность в оценках темпов потепления, рассчитанных на следующий век. Моделирование наблюдаемой естественной изменчивости (например, явления Эль-Ниньо, муссонной циркуляции, северо-атлантического колебания) также улучшилось.

С другой стороны, систематические ошибки все еще слишком велики. Одним из факторов, ограничивающих уверенность в перспективной оценке изменения климата, является неопределенность внешнего воздействия (например, будущей концентрации атмосферной двуокиси углерода и других парниковых газов и аэрозольных нагрузок).

Как и в случае с прогнозами на средние сроки и долгосрочными прогнозами, перспективные оценки климата по ансамблю также являются чрезвычайно важными. Ансамбли позволяют выделить более четко статистически значимый сигнал изменения климата.

8. Заключение

Успешность метеорологических прогнозов существенно выросла к концу XX столетия. Это связано с развитием глобальных моделей численного прогнозирования общей циркуляции, достижениями в наблюдениях, системах телесвязи и в вычислительной технике. Тем не менее, каждой прогностической компоненте присущи свои неопределенности. Некоторые из них связаны с недостаточной изученностью исключительно сложных процессов атмосферы и океана. Другие требуют дальнейших усилий в развитии наземной и космической систем наблюдений, а также в вычислительной технике. Требуется постоянное внимание проведению научных исследований и внедрению полученных знаний в практику прогнозирования на основе постоянно развивающихся уникальных технологий, существующих в крупных метеорологических центрах.