

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь людей, как и жизнь растительного и животного мира на суше, развивается на дне воздушного океана, охватывающего нашу планету, который называется *атмосферой*. Только последние 200 лет человек проникает в её толщу, и лишь 16 июля 1969 г. американская экспедиция на Луну вышла за пределы атмосферы. Без обмена веществом с воздухом (дыхание, фотосинтез) основные земные формы жизни были бы невозможны. Организмы, живущие в воде, также извлекают из неё растворённые газы воздуха. Изменения условий в атмосфере влияют на настроение, здоровье, образ жизни людей, почти на все виды их хозяйственной деятельности, а иногда и на ход исторических событий.

Примером может послужить разбушевавшаяся буря, которая погубила греческий флот, возвращавшийся из побеждённой Трои, что послужило причиной долгих странствий Одиссея. А в 1588 г. один шторм задержал отплытие и ослабил испанскую «Непобедимую армаду» ещё на выходе, а другой помог завершить её разгром при возвращении вокруг Британских островов после неудачной битвы в Ла-Манше. Лишённая крупной сухопутной армии Англия была спасена от испанского вторжения. Открылась 350-летняя эпоха владычества Англии на морях, пришедшая на смену разделу мира между Испанией и Португалией. Эпоха конкистадоров в Америке закончилась, из новых английских поселенцев через 200 лет сформировалась цивилизация «янки» с новыми ценностями и моралью.

Поводом для организации службы погоды в Англии, Франции и России послужила буря на Чёрном море 14 ноября 1854 г. Шла Крымская война, уже в который раз России противостояла Европа. Англо-французская эскадра, осаждавшая Севастополь, бросила якоря в Балаклавской бухте. Неожиданная буря побила суда друг о друга и о скалы. Погиб почти весь

флот. Буря эта не только дала возможность укрепить оборону русской крепости, но и заставила организовать службу прогнозов погоды. Астроном Урбен Леверье, собрав сведения по нескольким метеорологическим станциям, показал, что та самая буря, погубившая флот 14 ноября, за несколько дней до того появилась над Францией и прошла через всю Южную Европу до Чёрного моря. Флот можно было бы спасти, заблаговременно выведя суда из бухты подальше от скал, если бы вовремя поступил прогноз, а это было возможно уже тогда при помощи телеграфа. Одним из первых письменных источников, свидетельствующих о прогнозах погоды и климата, является Библия. Пророк Илья предсказал перед народом дождь в засуху. А первый прогноз климата дал Иосиф ещё в египетском плену (в XIV в. до н.э.), когда, разгадывая сон фараона о семи тощих и семи тучных коровах, предсказал семь сухих лет подряд после семи влажных и предложил сделать на этот случай многолетние запасы зерна. Интересно, что как раз семь лет - это самая продолжительная возможная серия засушливых лет согласно статистической оценке Ю.Л. Раунером по «Каталогу засух». Он был составлен на основании надёжных источников за последние столетия.

1. КЛИМАТ

1.1. Строение и состав атмосферы

Воздушная оболочка Земли возникла в результате выделения газов при вулканических извержениях. С появлением океанов и биосферы она формируется и за счёт газообмена с водой, растениями, животными и продуктами их разложения в почвах и болотах. Сколько газов поступает из недр Земли, примерно столько же их рассеивается в открытом космосе. Это происходит после многих химических реакций в атмосфере. По мере удаления от Земли ослабевает сила тяжести и рассея-

ко. Циклон удаляется, а на смену ему идёт область повышенного давления воздуха - *антициклон*.

4.3. Антициклон

Это тоже атмосферный вихрь, однако в нём всё иначе, чем в его антиподе - циклоне. В области высокого давления воздух не поднимается, а опускается вниз, а потому, как правило, достаточно сухой. Воздушная спираль раскручивается по часовой стрелке (в Южном полушарии - против часовой стрелки). Но главное - она приносит иную погоду. Отличительные черты этой погоды - мало облаков и осадков, слабый или умеренный, редко сильный ветер. Атмосферные фронты никогда не бывают в центре антициклона. Если они и заходят на его окраину, то в ослабленном виде.

Зато в антициклоне заметны колебания температуры в течение суток. Особенно они велики на материках. В Центральной России, удалённой от морей более чем на 500 км, в ясную погоду день нередко теплее ночи на 10-15 °С. В Сибири эта разница может достигать 20-25 °С. В Сахаре после 40-градусной дневной жары возможны ночные заморозки.

5. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Человек борется со стихией ежедневно, ежечасно, ежеминутно. Каждый день погода несет людям радость или беды. В одних районах мира ярко светит солнце, а в других в это же время завывает пурга, штормовые ветры неистово обрушиваются на сушу и море, густые туманы окутывают большие пространства. Чтобы предотвратить бедствия, которые приносит людям стихия, нужно вовремя предсказывать погоду.

В Европе службы погоды начали создаваться в середине XIX в., после Крымской войны. В 1854 г. англо-французский флот был почти полностью уничтожен во время шторма в

Черном море. Регулярных метеорологических наблюдений тогда не велось, и моряки не знали о надвигающейся буре. Это событие и послужило толчком к организации первых регулярных наблюдений за погодой. Их начали проводить в наиболее развитых странах.

В России первый бюллетень погоды был издан в 1872 г. Сначала российская служба погоды составляла лишь обзоры погоды, в которых предупреждала о сильных ветрах на Балтийском и Черном морях. Эти обзоры публиковались в газетах. Затем в ряде губерний были организованы местные бюро погоды, и только 21 июня 1921 г. была организована метеорологическая служба.

К 1925 г. на земном шаре работало уже около 500 метеорологических станций, а сейчас таких станций свыше 10 тыс.

Наземная синоптическая карта погоды.

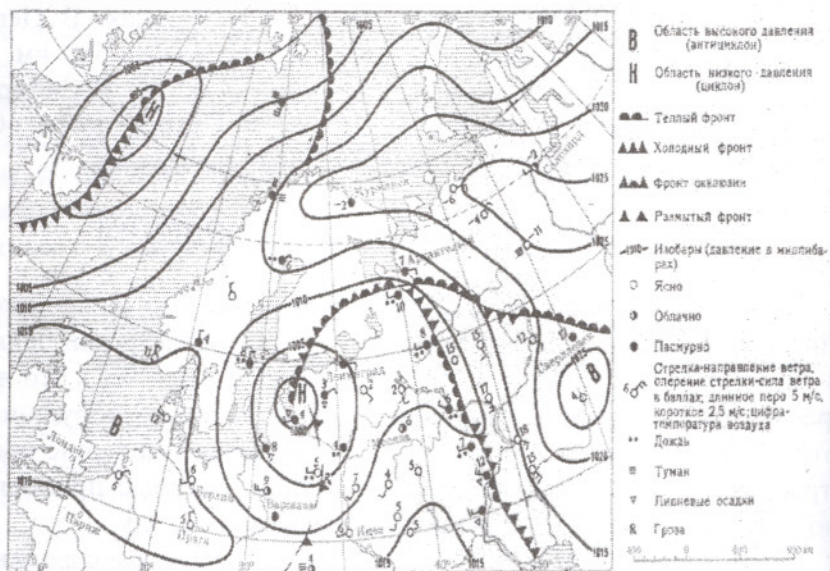


Рис. 9. Наземная синоптическая карта погоды

Они несколько раз в сутки производят визуальные и инструментальные наблюдения за погодой. Визуально наблюдают за формой и количеством облаков, видом осадков и другими явлениями погоды. Путем инструментальных наблюдений определяют температуру и влажность воздуха, давление и т.д.

Для краткосрочных и долгосрочных прогнозов необходимы данные наблюдений за погодой на значительной территории. Синоптики-прогнозисты пользуются приземными и высотными картами погоды как Северного, так и Южного полушария. До 30-х годов нашего века такие карты составлялись лишь на основе данных наземных метеорологических наблюдений.

Конечно, эти данные были далеко недостаточны: судить по ним о динамике атмосферных процессов было почти невозможно. Качество прогнозов повысилось только тогда, когда началось аэрологическое радиозондирование атмосферы. Первый радиозонд, изобретенный нашим соотечественником проф. П. А. Молчановым, был запущен в конце 1930 г. под Ленинградом. Поднимаясь в свободную атмосферу, он радиосигналами передавал на станции сведения о температуре, давлении и влажности воздуха. Позже были изобретены радиопилоты, которые передавали сведения о скорости и направлении ветра на высотах; метеорологические ракеты, запускаемые в верхние слои атмосферы (30-80 км), и искусственные спутники Земли.

Уже в середине 30-х годов метеорологи начали составлять высотные карты погоды - *карты барической топографии* - сначала в Центральном институте погоды в Москве, а затем и во всех органах службы погоды всей страны. На карты барической топографии наносят данные о ветре на разных высотах и по этим данным проводят изолинии давления, аналогично тому, как проводят горизонталы для изображения рельефа на топографических картах. Распределение данных по высоте позволяет анализировать действительное состояние атмосферы в

трех измерениях и определять развитие процессов на ближайшие 1-2 суток. Дальнейшее совершенствование этих карт, на которых показаны «поля» различного давления и температуры, а также положение фронтов, способствовало развитию синоптической метеорологии и усовершенствованию методов прогноза погоды не только на сутки, но и на 3-6 суток.

С помощью карт барической топографии метеорологи устанавливают особенности структуры циклонов и антициклонов, фронтальных зон и атмосферных фронтов. Это важно, чтобы определить непосредственные причины изменений давления, температуры, а также циркуляции воздуха в тропосфере и стратосфере. По характеру строения высотных полей температуры и ветра устанавливают, где могут возникнуть новые атмосферные вихри, и определяют траектории движения существующих. На основе этих карт вычисляют скорости вертикальных движений воздуха, определяют возможность выпадения и прекращения осадков и т.п.

При составлении прогнозов даже на сутки вперед синоптикам надо учитывать влияние многих взаимодействующих факторов, которые образуют погоду. А это очень сложно и не всегда удается. Поэтому метеорологи давно искали пути замены *качественных* методов прогноза погоды *расчетными*. Разработаны сложнейшие уравнения гидродинамики, куда входят уравнения, описывающие законы сохранения массы и энергии, количества движения. Чтобы описать условия реальной атмосферы, необходимо учитывать увлажнение, запыленность, турбулентность и другие данные. Решать все эти уравнения сложно. Поэтому численные методы прогноза погоды стали практически возможны, лишь когда были изобретены ЭВМ и *спутниковая* метеорология.

5.1. Информация о погоде

Прогноз погоды складывается из трех неразрывно связанных между собой этапов.

Первый из них - сбор данных *наблюдений за погодой*. Необходимо собрать в одно место сведения о состоянии атмосферы от наземных и радиозондирующих станций, пунктов штормооповещаний, оборудованных радиолокаторами, метеорологических спутников, самолетов и т.д. Это сложная оперативная задача, требующая применения современных средств связи. Основные исходные данные, которые используются для составления прогноза погоды, различные характеристики давления, температуры, влажности, ветра, облачности и их изменения за определенный промежуток времени.

Второй этап - обработка и анализ полученных данных, т.е. *составление и анализ карт погоды*: выявление областей низкого и высокого давления (циклонов и антициклонов), проведение линий атмосферных фронтов, с которыми обычно связаны наиболее резкие изменения погоды, определение районов дождей, туманов, гололедов, гроз, градов, шквалов, пыльных бурь, сильных ветров и т.д.

Третий этап наиболее трудный - *составление прогноза погоды*. Качество и полнота наблюдений за погодой зависят от новой техники наблюдательных станций, от разработки новых и совершенствования действующих приборов, от методики наблюдений. Скорость обработки данных наблюдений и анализ их обеспечиваются применением новых электронных технологий и автоматизацией всех звеньев, передающих сведения о погоде. Чтобы достичь более высокого качества и полноты наблюдений за погодой, теперь обычные наблюдательные метеорологические станции заменяют автоматическими, которые включены в общую систему сбора и обработки первичной информации. Кроме того, широко используется информация с искусственных спутников Земли.

Начиная с 1967 г., в нашей стране ведутся околоземные космические наблюдения. Из несколько метеорологических спутников, одновременно действующих на околополярной орбите, на высоте 600-650 и 900 км. Они наблюдают за погодой на Земле днем и ночью при помощи телевизионных камер и аппаратуры, регистрируют инфракрасное излучение поверхности Земли и облаков. На телевизионных фотографиях на фоне темной суши и воды довольно отчетливо виден светлый облачный покров Земли. На снимках, выполненных ночью в инфракрасных лучах, из-за различия температур земной поверхности и верхней границы облаков также достаточно хорошо заметны облачные вихри и полосы. Облачные вихри обычно связаны с циклонами, а облачные полосы - с атмосферными фронтами. По данным о форме и структуре облаков, полученным со спутников, можно обнаружить зарождение тайфунов и ураганов в разных районах океана, уточнить положение атмосферных фронтов, проследить движение ледяных полей, состояние снежного покрова, указать на возможность шквала, града или сильного дождя. Перспективы спутниковой метеорологии очень велики. Сейчас мы находимся лишь на самой начальной стадии ее развития.

Для обработки исходной информации и ее анализа используются цифровые данные одновременно с многих линий метеосвязи. За сутки такой информации проходит несколько сот тысяч. Проведя обработку всей информации, выдается готовая информация - расчерченные карты фактического или прогностического поля атмосферного давления.

5.2. Прогноз погоды

Основа прогноза погоды на несколько дней вперед - предсказание поля атмосферного давления. Правильный его прогноз уже обеспечивает на 60-70 % успешность прогноза в целом. Поля давления от поверхности Земли до высоты 9 км

прогнозируются по уравнениям гидродинамики и использованием компьютерных технологий. Считываются поля вертикальных движений воздуха - это важно для прогноза осадков и облачности. Для циклонов характерны восходящие движения воздуха, которые при определенных условиях могут привести к конденсации влаги, формированию и образованию осадков. В антициклонах, наоборот, вертикальные движения воздуха нисходящие, поэтому облачность «размывается» и наступают прояснения. В связи с этим тепло Земли в ночные часы уходит в атмосферу и прилегающие к ней слои воздуха охлаждаются. Вертикальные движения воздуха вычисляются теоретически, приборов для их измерения нет.

Карта показывает будущие поля атмосферного давления и вертикальных движений воздуха. Прогноз положения и постепенного развития атмосферных фронтов сделать нелегко. Атмосферные фронты - это узкие переходные зоны между воздушными массами. Они отличаются друг от друга вертикальным и горизонтальным строением, условиями и явлениями погоды и множеством других характеристик. Обычно фронты связаны с областями низкого давления. Их горизонтальная протяженность измеряется тысячами километров, они прослеживаются от Земли до высоты 8-10 км. В зависимости от вертикального строения, особенностей перемещения и условий погоды фронты бывают теплыми и холодными. Холодные, как правило, движутся быстрее. Когда они догоняют теплый фронт, то смыкаются с ним, и образуется так называемый фронт окклюзии. У каждого из этих фронтов свои, присущие лишь ему условия и явления погоды, хотя в каждом конкретном случае в зависимости от сезона года и физико-географических особенностей местности влияние фронта может проявиться по-разному. На синоптических картах четко выраженные атмосферные фронты прослеживаются в полях температуры, ветра, в изменении приземного давления и явлениях погоды. Но не всегда все эти факторы срабатывают сразу,

а выделить преобладающий фактор трудно. Здесь очень помогают данные об облачности, получаемые с метеорологических спутников Земли, но и облачность порой нельзя считать главным фактором.

Нелегко рассчитать и будущее положение атмосферных вихрей. Еще в 30-е годы было установлено, что циклоны, антициклоны и атмосферные фронты у поверхности Земли перемещаются в том же направлении и с такой же скоростью, что и ветер на высотах 3-5 км. Применение этого правила дает успех в расчетах 70-75 %. А это значит, что указать будущее положение циклонов, антициклонов и атмосферных фронтов с точностью 20-30 км от пункта, для которого составляется прогноз погоды, невозможно. Отсюда следует, что любой прогноз погоды несет в себе неточность.

Кроме прогноза атмосферных вихрей и фронтов, предсказывают также отдельно каждый из элементов погоды: ветер, температуру, облачность, осадки, туман, метели, гололед.

В обычных прогнозах говорится лишь о горизонтальной составляющей ветра. Воздух движется горизонтально в основном под действием *силы барического градиента* (т.е. изменения давления на единицу расстояния), который рассчитывают непосредственно по полю давления. Наибольшие барические градиенты давления наблюдаются в циклонах. В отдельных же районах страны ветры могут усиливаться и при малых барических градиентах за счет особенностей рельефа - узких долин, мысов и т.д. Ветер, его направление и скорость - это единственное явление погоды, которое описывают теоретически. Однако в одном и том же районе и при одних и тех же барических градиентах скорость ветра может быть разной. На нее влияют распределение температуры и ветра с высотой, контраст температуры по горизонтали, сезон года и в зависимости от этого характер подстилающей поверхности. Даже незначительная ошибка в определении одного из факторов может привести к серьезному просчету при установлении скорости ветра.

Допустим, предполагают, что температура воздуха в данном районе будет такая-то, а пока ветер достигнет этого места, она сильно изменится за счет таких причин, которые учесть очень трудно, как, например, трансформация и вертикальные движения воздуха. И все же ветер - один из элементов погоды, который прогнозируется лучше остальных (исключая температуру воздуха).

Особенно трудно предсказать осадки, гололед, изморозь. Они определяются многими факторами, которые находятся в непрерывном движении и в тесной взаимозависимости. Выделяют лишь главные факторы, влияющие на осадки. Так, для обложных осадков необходим точный учет температуры, влажности и вертикальных движений воздуха. Прогноз грозы, ливней, града, шквала зависит еще и от скорости восходящего потока воздуха, распределения скорости ветра с высотой, энергии неустойчивости атмосферы и т.д. Прогнозировать все эти явления - одна из труднейших задач синоптической метеорологии. Ведь достаточно, чтобы влажность у Земли увеличилась всего на 10 %, как при прочих благоприятных условиях образуются кучево-дождевые облака. А небольшое повышение температуры на высотах может или совсем размыть облачность, или способствовать возникновению только кучевых облаков.

Информацию об облаках получают и с помощью радиолокаторов. Один радиолокатор охватывает площадь 270 тыс. км². С помощью радиолокатора в радиусе 300 км можно обнаружить ливневые и градовые облака, а следовательно, на ближайшие несколько часов давать прогнозы с большей точностью.

Для прогноза гололеда и изморози надо сначала предсказать туманы и морось (морозящие осадки), переохлажденный дождь, мокрый снег, при которых они возникают. Необходимо знать микроструктуру и водность облаков, размеры капель.

Долгосрочные прогнозы - на 4-6 дней, на месяц и сезон. *Долгосрочное прогнозирование погоды* - одна из труднейших не только в метеорологии, но и во всей геофизической науке в целом. Прогнозы погоды на 4-6 дней основаны на так называемом *синоптическом периоде*. По статистическим данным, атмосферные процессы за 4-6 дней протекают однотипно на достаточно большой территории, например в Европе и Западной Сибири. За это время в отдельных районах на прогнозируемой территории погода может изменяться, но, как правило, основные пути перемещения или траектории циклонов и антициклонов не пересекаются. Смена синоптических периодов сопровождается крупными изменениями атмосферных процессов и погоды. Чтобы предсказать погоду на месяц, находят различные статистические связи между крупными атмосферными процессами прошедшей и будущей циркуляции атмосферы, протекающей на всем Северном полушарии. На этой основе подбирают карты-аналоги за прошлые годы, когда наиболее яркие черты атмосферных процессов в предшествующие месяцы протекали аналогично текущему году.

5.3. Местные признаки погоды

В период становления прогностической метеорологии местным признакам погоды придавалось большое значение и было опубликовано много исследований. Они содержали научное обоснование признаков, по которым можно судить о ближайших изменениях погоды. Однако в век радио и телевидения интерес к местным признакам изменения погоды уже ослабел. Это является следствием того, что научное прогнозирование погоды имеет большую оправдываемость и суточные прогнозы передаются ежедневно несколько раз по радио и печатаются в газетах. Однако передаваемые по радио прогнозы погоды составляются обычно для большого района. Поэтому знание местных признаков, основанных на наблюдениях в од-

ном пункте, может помочь уточнить прогноз погоды для этого пункта и прилегающего района.

Для определения ближайших перемен погоды недостаточно пользоваться только одним каким-либо признаком. Необходимо стремиться учесть весь доступный комплекс их. Но чтобы уметь правильно использовать все признаки, необходимо внимательно наблюдать за изменениями погоды в данных физико-географических условиях и повседневно определять их оправдываемость.

5.4. Атмосферные вихри

Как мы уже говорили, контрасты температуры, давления и влажности вызывают движения воздуха. А в зонах соприкосновения теплых и холодных воздушных масс, где эти контрасты наиболее сильны - на атмосферных фронтах - возникают мощные вихри. С атмосферными фронтами и вихрями и связаны грозные явления атмосферы, о которых мы расскажем подробнее.

Тропические циклоны - это вихри, в центре которых низкое давление; образуются они летом и осенью над теплой поверхностью океана. Обычно тропические циклоны возникают только в низких широтах около экватора, между 5° и 20° Северного и Южного полушарий. Отсюда вихрь диаметром примерно 500-1000 км и высотой в 10-12 км начинает свой бег. Тропические циклоны широко распространены на Земле, и в различных частях света их называют по-разному: в Китае и Японии - *тайфунами*, на Филиппинах - *бэгвиз*, в Австралии - *вилли-вилли*, вблизи побережья Северной Америки - *ураганами*. По разрушительной силе тропические циклоны могут соперничать с землетрясениями или извержениями вулканов. За один час один такой вихрь диаметром в 700 км выделяет энергию, равную 36 водородным бомбам средней мощности. В центре циклона часто бывает так называемый *глаз бури* - не-

большая область затишья диаметром 10-30 км. Здесь малооблачная погода, небольшая скорость ветра, высокая температура воздуха и очень низкое давление, а вокруг, вращаясь по часовой стрелке, дуют ветры ураганной силы. Их скорость может превышать 120 м/с, при этом возникает мощная облачность, сопровождаемая сильными ливнями, грозами и градом. Вот, например, какие беды натворил ураган «Флора», пронесшийся в октябре 1963 г. над островами Тобаго, Гаити и Куба. Скорость ветра достигала 70-90 м/с. На Тобаго началось наводнение. На Гаити ураган уничтожил целые селения, погибли 5 тыс. человек и 100 тыс. остались без крова. Количество осадков, сопровождающих тропические циклоны, кажется невероятным в сравнении с интенсивностью дождей при самых сильных циклонах умеренных широт. Так, при прохождении одного урагана через Пуэрто-Рико за 6 часов выпало 26 млрд. т воды. Если разделить это количество на единицу площади, осадков будет значительно больше, чем их выпадает за год, например, в Батуми (в среднем 2700 мм).

Конечно, активно бороться с тропическими циклонами люди пока не могут, но важно вовремя подготовиться к урагану, будь то на суше или на море. Для этого над необъятными просторами Мирового океана круглосуточную вахту несут метеорологические спутники, оказывающие большую помощь в прогнозе путей перемещения тропических циклонов. Они фотографируют эти вихри даже в момент их зарождения, а по фотографии можно довольно точно определить положение центра циклона, проследить его движение. Поэтому в последние годы удавалось предупредить население обширных районов Земли о приближении тайфунов, которые нельзя было обнаружить обычными метеорологическими наблюдениями.

Смерч - одно из наиболее разрушительных и в то же время эффектных атмосферных явлений. Это огромный вихрь с вертикальной осью длиной в несколько сотен метров. В отличие от тропического циклона он сконцентрирован на неболь-

шой площади: весь как бы на глазах. На берегу Черного моря можно видеть, как из центральной части мощного кучево-дождевого облака, нижнее основание которого принимает форму опрокинутой воронки, вытягивается гигантский темный хобот, а навстречу ему с поверхности моря поднимается другая воронка. Если они сомкнутся, образуется огромный, быстро перемещающийся столб, вращающийся против часовой стрелки. Смерчи образуются при неустойчивом состоянии атмосферы, когда воздух в ее нижних слоях очень теплый, а в верхних - холодный. При этом происходит очень интенсивный воздухообмен, сопровождаемый вихрем огромной скорости - несколько десятков метров в секунду. Диаметр смерча может достигнуть нескольких сот метров, а перемещается он иногда даже со скоростью 150-200 км/ч. Внутри вихря образуется очень низкое давление, поэтому смерч втягивает в себя все, что встречает на пути: он может переносить на большое расстояние воду, почву, камни, части построек и т.д. Известны, например, «рыбные» дожди, когда смерч из пруда или озера вместе с водой втягивал в себя и находящуюся там рыбу.

Смерчи на суше в США и Мексике называют *торнадо*, в Западной Европе - *тробом*. Торнадо в Северной Америке довольно частое явление - здесь их в среднем возникает более 250 в год. Торнадо - самый сильный из смерчей, наблюдаемых на земном шаре, со скоростью ветра до 220 м/с. Самый страшный по своим последствиям торнадо пронесся в марте 1925 г. через штаты Миссури, Иллинойс, Кентукки и Теннесси, где погибло 689 человек. В умеренных широтах нашей страны смерчи бывают раз в несколько лет. Исключительно сильный смерч со скоростью ветра 80 м/с пронесся через г. Ростов Ярославской области в августе 1953 г. Смерч прошел через город за 8 мин, оставив полосу разрушений шириной 500 м. Он сбросил с железнодорожных путей два вагона весом 16т.

Предвидеть образование и путь движения торнадо по суше трудно: он перемещается с огромной скоростью и очень

кратковременен. Однако сеть наблюдательных пунктов сообщает в Бюро погоды о возникновении торнадо и его местонахождении. Там эти данные анализируют и передают соответствующие предупреждения.

Шквалы. Раздался удар грома, сплошной черно-серый вал облаков стал еще ближе - и вот словно все смешалось. Ураганный ветер ломал и вырывал с корнем деревья, срывал крыши с домов. Это налетел шквал.

Шквал возникает в основном перед холодными атмосферными фронтами или вблизи центров небольших подвижных циклонов при вторжении холодных масс воздуха в теплые. Холодный воздух при вторжении вытесняет теплый, заставляя его быстро подниматься, и чем больше разность температур между встречающимися холодным и теплым воздухом (а она может превышать 10-15 °С), тем больше сила шквала.



Рис. 10. Смерч – вихрь диаметром 100-500 м , иногда более километра – передвигается вместе с облаками со скоростью 40-50 км

Скорость ветра при шквале достигает 50-60 м/с, а длиться он может и до одного часа; он нередко сопровождается ливнем или градом. После шквала происходит заметное похолодание. Шквал может возникнуть во все сезоны года и в любое время суток, но чаще летом, когда сильнее прогревается земная поверхность.

Шквалы - грозное явление природы, особенно из-за внезапности их появления. Приводим описание одного шквала.

24 марта 1878 г. в Англии на берегу моря встречали прибывающий из дальнего плавания фрегат «Эвридик». «Эвридик» уже показался на горизонте. До берега оставалось каких-нибудь 2-3 км. Вдруг налетел ужасающий шквал со снегом. Море покрылось огромными валами. Явление продолжалось всего минуты две. Когда шквал закончился, от фрегата не осталось никаких следов. Он был опрокинут и затонул.

Ветер более 29 м/с называют ураганом.

Ураганные ветры чаще всего наблюдаются в зоне сближения циклона и антициклона, т. е. в областях с резким перепадом давления. Такие ветры наиболее характерны для прибрежных районов, где встречаются морские и континентальные воздушные массы, или в горах. Но бывают они и на равнинах. В начале января 1969 г. холодный антициклон с севера Западной Сибири быстро переместился на юг Европейской территории СССР, где встретился с циклоном, центр которого располагался над Черным морем, при этом в зоне сближения антициклона и циклона возникли очень большие разности давления: до 15 мб на 100 км. Поднялся холодный ветер со скоростью 40-45 м/с. В ночь со 2 на 3 января ураган обрушился на Западную Грузию. Он разрушил жилые дома в Кутаиси, Ткибули, Самтредиа, с корнем вырывал деревья, рвал провода. Остановились поезда, прекратил работу транспорт, кое-где возникли пожары. Огромные волны двенадцатибалльного шторма обрушились на берег около Сухуми, были повреждены корпуса санаториев курорта Пицунда. В Ростовской области,

Краснодарском и Ставропольском краях ураганные ветры подняли в воздух вместе со снегом массу земли. Ветер срывал крыши с домов, разрушил верхний слой почвы, выдул посевы озимых. Снежные бури занесли дороги. Перекинувшись на Азовское море, ураган погнал воду от восточного берега моря к западному. От городов Приморско-Ахтарска и Азова море отступило на 500 м, а в Гениченске, находящемся на противоположном берегу, затопило улицы. Ураган прорвался и на юг Украины. На побережье Крыма были повреждены причалы, краны и пляжные сооружения. Таковы последствия лишь одного урагана.

Ураганные ветры часты на побережьях арктических и дальневосточных морей, особенно зимой и осенью при прохождении циклонов. В нашей стране на станции Пестрая Дресва - на западном берегу залива Шелихова - ветер в 21 м/с и больше наблюдается раз шестьдесят в году. Станция эта расположена у входа в узкую долину. Попадая в нее, слабый восточный ветер с залива за счет сужения потока усиливается до ураганного.

Когда при сильном ветре выпадает снег, возникают *метели* или *бураны*. Метелью называется перенос снега ветром. Последний часто сопровождается вихревыми движениями снежинок. Образование метелей зависит не столько от силы ветра, сколько от того, что снег является сыпучим и легким материалом, который легко поднимается ветром с земли. Отсюда метели возникают при различных скоростях ветра, иногда начиная уже с 4-6 м/с. Метели заносят снегом дороги, взлетно-посадочные полосы аэродромов, наматают громадные сугробы.

5.5. Местные опасные ветры

Местные ветры ураганной силы возникают в условиях горного рельефа, но лишь при определенных обстоятельствах, которые создаются атмосферными процессами крупного масштаба. Из таких ветров наиболее распространена *бора* - очень сильный порывистый холодный ветер. Он возникает в приморских районах, когда холодные массы воздуха сначала накапливаются за сравнительно невысокими горными хребтами, а затем переваливают через них и устремляются вниз к побережью. Бора может дуть несколько суток, причем скорость ветра нередко превышает 50-60 м/с, иногда достигает 80 м/с. Бора наблюдается в Италии, на Адриатическом побережье Югославии и во многих других районах мира. Из местных ураганных ветров в нашей стране наиболее известны новороссийская и новоземельская бора, сарма на Байкале (байкальская бора), Урсатьвский ветер в Узбекистане и бакинский норд. Вблизи Новороссийска холодный ветер, преодолевая с севера Мархотский перевал, обрушивается на город, при этом вода в Цемеской бухте как бы кипит; срываемые с ее поверхности капли осаждаются на кораблях и строениях. Если бора возникает зимой, то при низких температурах капли воды замерзают и на береговых сооружениях толщина льда иногда достигает 4 м.

У *новоземельской боры* скорость ветра еще выше, чем у *новороссийской*, так как она возникает при более значительных контрастах температуры и давления. При порывах скорость ветра превышает 70-80 м/с. Бора дует с востока на запад, от холодного Карского моря к незамерзающему теплему Баренцеву. Поэтому ветер более жесток на западном побережье Новой Земли, куда он, перевалив через невысокие горы, обрушивается холодным потоком.

Сильные ветры типа боры наблюдаются на озере Байкал в Сибири. Называются эти ветры *сарма*, по имени реки Сармы, через долину которой холодный воздух из Якутии прорывается к озеру.

Бакинский норд имеет много общего с борой. Это сильный ветер, скорость которого нередко достигает 20-30 м/с. Он может дуть с ураганной силой несколько дней подряд. Возникает норд при высоком давлении на Северном Кавказе и низком давлении на юге Каспия.

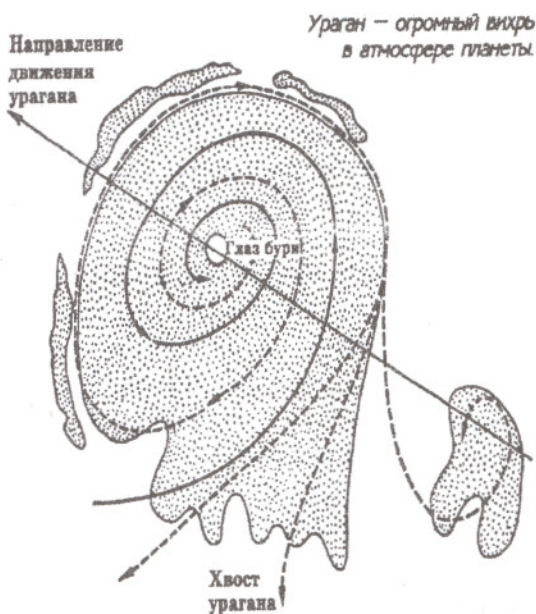


Рис.11. Ураган — огромный вихрь в атмосфере планеты

Урсатьевский ветер рождается у станции Урсатьевская у входа в Ферганскую долину. Здесь воздушный поток сжимается у горного прохода и скорость ветра резко увеличивается. Подобные ветры возникают и в других районах с характерным рельефом и климатом. В отличие от боры *фён* - жаркий и сухой местный ветер. Возникает он, когда воздух с вершины хребта опускается в долину, причем температура воздуха по-

вышается в результате адиабатического нагревания. Обычно скорость фена значительно слабее, чем боры, но и она нередко достигает 20-25 м/с. Фен страшен не своей силой - его иссушающее дыхание губит растительность. Тяжело переносят его и люди. Фены довольно часто наблюдаются в горах Кавказа, Средней Азии, Алтая, в Альпах, Скалистых горах и в других горных районах земного шара.

Ливни, град и грозы

Ливни, град и грозы - мощные вертикальные движения воздуха, возникающие в зоне больших контрастов температуры и высокой влажности, приводят к образованию кучево-дождевых облаков с сильными ливнями, градом и грозами.

Ливнем называют дождь такой силы, когда в одну минуту выпадает более 1 мм осадков. Даже кратковременный ливень порой может обернуться бедой. Особенно опасны ливни в горах, где стремительно стекающие со склонов дождевые воды захватывают не только рыхлые породы, но и крупные камни и глыбы. При этом могут возникнуть грязевые или грязекаменные потоки - так называемые *сели*. Ливни типичны для влажных тропиков и субтропиков. У нас они особенно часты на юге Черноморского побережья Кавказа. Но при сложных метеорологических условиях они бывают и на равнинах умеренного пояса. В середине июля 1969 г. над севером Италии образовался небольшой циклон. В его тыловую часть вторгся холодный воздух, и циклон начал перемещаться к северо-востоку, на территорию Европейской части России. Вскоре циклон превратился в мощный атмосферный вихрь шквалистой силы, который принес много теплого и влажного воздуха. В Молдавии за одни-два суток выпало 100-150 мм дождя, на малых реках возникли небывалые паводки. Они залили поймы рек, затопили шоссе и железные дороги, прибрежные села. Потоки воды размывали склоны, сносили посевы. Затем

дожди начались на Правобережной Украине: в Черновицкой и Ивано-Франковской областях за сутки выпали месячные нормы осадков. Уровень воды в Пруте, Серете, Быстрице и других реках поднялся на 2-5 м.

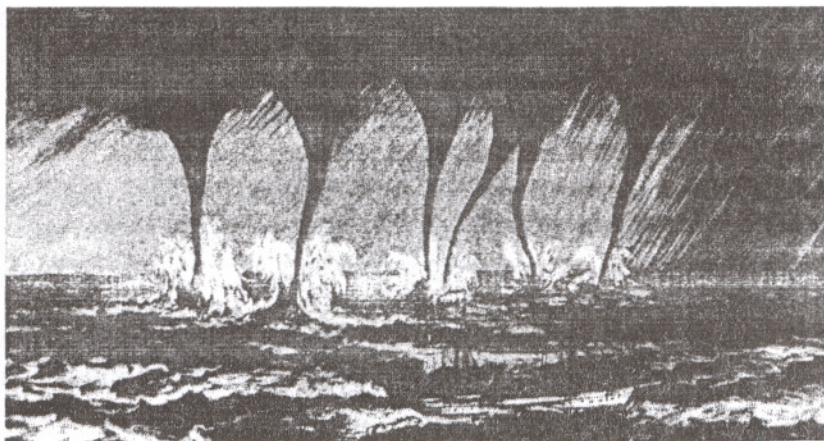


Рис. 12. Смерч на море. (Смерч может перемещаться со скоростью 150-200 км/ч, его диаметр может достигать несколько сот метров)



Рис. 13. Грозовые явления часто сопровождают вулканические извержения



Рис. 14. Четочная молния похожа на траекторию траксирующей пули. Движение «четок» молнии можно видеть невооруженным глазом

Грозы обычно сопровождаются *молниями* и оглушительными раскатами *грома*. Грозы распространены повсеместно, причем в тропиках они бывают круглый год. Например, в Индонезии, на острове Ява, в районе Байтензорга, который занимает первое место в мире по количеству гроз, 167 дней в году сверкают молнии. В умеренных широтах грозы наблюдаются преимущественно в теплые сезоны года при кучево-дождевой облачности. Всего же на земном шаре одновременно происходит до 1800 гроз.

Грозовые разряды - *молнии* - вызывают сильные электрические поля, которые возникают внутри кучево-дождевой облачности. Различают несколько видов молний: *линейная* - искровой разряд с разветвлениями длиной в среднем 2-3 км и диаметром в несколько десятков сантиметров. *Плоская* - вид вспышки на поверхности облаков. *Четочная молния* - светящиеся точки, пробегающие на фоне облаков, наблюдается очень редко. *Шаровая молния* - круглая светящаяся газовая масса, она как бы кипит, разбрасывая искры. Ее появление со-

проводится резким свистом или жужжанием. Молнии часто бывают причиной пожаров. Особенно опасны они после длительной засухи, когда леса готовы вспыхнуть от одной искры.

Частички плотного льда, выпадающего в виде осадков из мощных кучево-дождевых облаков, называются *градом*. Град выпадает главным образом в теплое время года, в районах, где воздух достаточно влажен. Образуется он в очень мощных кучево-дождевых облаках, достигающих большой высоты — 12-14 км. Известны случаи, когда градины достигали размеров голубиных и даже куриных яиц, а в отдельных случаях они весили даже свыше килограмма. Большая градина может убить крупное животное, но и маленький град приносит много бед — уничтожает посевы, повреждает сады, огороды, виноградники. Для рассеивания градовых туч в них с помощью снарядов и ракет запускаются химические вещества, которые не дают градине вырасти до больших размеров. В результате на Землю выпадает дождь или мелкий град.

Туман, гололед и изморозь

Туман, гололед и изморозь. *Туманом* принято называть помутнение воздуха непосредственно над поверхностью Земли, вызываемое конденсацией водяного пара. В тумане видно только на сотни или даже на десятки метров. Обычно туманы образуются тогда, когда температура воздуха и точки росы близки. Чаще всего туман вызывается сильным охлаждением приземного слоя воздуха ночью. Охлажденный воздух оказывается перенасыщенным влагой, и водяной пар начинает выделяться в виде мелких капелек воды. Возникает туман и тогда, когда теплый влажный воздух натекает на холодную поверхность. Вызывает образование тумана и обилие в воздухе «ядер, конденсации» — частичек пыли или продуктов неполного сгорания. В городах это выбросы из фабричных труб или автомобильных двигателей. Туманы приносят много забот, а

порой и бед: плохая видимость ведет к авариям на транспорте, закрываются аэродромы, замедляют движение поезда и автомашины.

В настоящее время проводятся опыты по рассеиванию туманов над аэродромами.

Если в приземном слое воздуха температура отрицательная, а на какой-то высоте она близка к 0°C или немного выше, идет дождь, а не снег. Переохлажденные капли дождя, падая на землю, замерзают. Смерзшиеся капли переохлажденного дождя или тумана, осаждающиеся на холодной поверхности Земли, называются *гололедом*. Образуется он при температуре у поверхности Земли от $+1$ до -4°C и значительно реже при более низких температурах. Обычно при гололеде в воздушном слое высотой примерно в 1,5 км наблюдается некоторое повышение температуры и почти стопроцентная относительная влажность.

Гололед чаще всего возникает перед теплым атмосферным фронтом, в тумане его образование может длиться несколько суток. Лед намерзает на стенах домов, столбах, на деревьях. Иногда на проводах намерзает слой льда диаметром в несколько десятков сантиметров, причем вес льда с одного метра провода достигает килограмма. Гололед очень опасное явление: под тяжестью льда обрываются провода линий связи и электропередач, ломаются ветви деревьев. Гололед затрудняет работу всех видов транспорта, лишает скот подножного корма, приводит к выпреванию посевов.

Изморозь - это образование льда на охлажденной поверхности прямо из пара. Поэтому изморозь наблюдается при температурах ниже -5°C . Различают *кристаллическую* и *зернистую изморозь*. Первая состоит из кристалликов льда, нарастающих на поверхности предметов при слабом ветре. С усилением ветра она легко осыпается, поэтому кристаллическая изморозь чаще всего появляется в защищенных от ветра местах. Слой такой изморози достигает метра и более.

Зернистая изморозь - это снеговидный рыхлый лед, образующийся преимущественно в туманную ветреную погоду. Она может нарастать довольно долго, причем толщина ее слоя достигает нескольких десятков сантиметров. Изморозь, как и гололед, причиняет народному хозяйству большой вред. В ноябре 1966 г. в Тульской области изморозь на проводах линий электропередач достигла 10 см в диаметре. Естественно, провода провисли более чем на 2 м, а кое-где оборвались. Были разрушены даже опоры.

Мы рассказали о некоторых грозных явлениях в воздушном океане. В природе они часто наблюдаются одновременно. Например, ураганный ветер сопровождается грозой и ливнем с градом. За этими явлениями следят метеорологи и вовремя предупреждают о надвигающейся беде.

6. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОГОДУ И КЛИМАТ

Главный источник энергии на Земле - солнечное излучение - представляется нам постоянным и неизменным. Действительно, даже с помощью наиболее совершенных современных инструментов не удалось обнаружить каких-либо значительных изменений *солнечной постоянной*. Так называется количество лучистой энергии Солнца, поступающее к верхней границе земной атмосферы. Выражается оно в калориях за минуту на площадь 1 см^2 и равняется приблизительно $2 \text{ кал/мин} \cdot \text{см}^2$.

Однако уже тысячи лет назад люди невооруженным глазом наблюдали изменения на Солнце - появление темных пятен. Об этом, например, свидетельствует русская летопись 1371 г., когда сквозь дым лесных пожаров были видны «на Солнце места черные акы гвозди». Еще во времена Галилея, в средние века, после первых наблюдений Солнца в телескоп, была высказана мысль о том, что солнечные пятна - это

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стоит случиться особенно жаркому или, наоборот, необычайно дождливому и холодному лету, слишком суровой или непривычно мягкой зиме, как начинаются необоснованные разговоры об изменении климата. Летописи и другие источники рассказывают нам о гораздо более поразительных явлениях - о замерзании Нила в Египте зимой 1011 г., о замерзании проливов и большей части Черного моря зимой 1620 г., о необычайных засухах, наводнениях и других явлениях погоды, которые нам даже трудно сейчас себе представить.

Вместе с тем исторические источники показывают, что общий характер климата не испытывал за историческое время коренных изменений. Реки Китая 3000-4000 лет назад разливались приблизительно в то же время и так же, как теперь.

2000 лет назад Юлий Цезарь описал климат Галлии (так называли римляне территорию Франции, Северной Италии, Бельгии, части Нидерландов и Швейцарии), похожий на климат современной Франции.

Исторический период в несколько тысяч лет - только краткое мгновение в жизни нашей планеты. Если за такой период не произошло существенных изменений климата, то это не значит, что климат вообще не может изменяться. Можно привести немало примеров коренного изменения климата Земли. Далеко за полярным кругом, на Шпицбергене, разрабатываются залежи каменного угля окаменевших остатков роскошных вечнозеленых лесов, которые росли здесь миллионы лет назад. В Экваториальной Африке на равнине найдены следы ледников, подобных ледникам Антарктиды, а значительные пространства Северной Америки и Европы были покрыты таким ледником «совсем недавно» - около 10 тыс. лет назад.

Изменения климата в основном имеют характер колебаний с возвращением к начальным условиям через более или менее продолжительный период времени. Уже в наше время

по наиболее продолжительным наблюдениям метеорологических станций было установлено одно из таких колебаний климата, которое получило название современного потепления Арктики. Оно достигло наибольшей силы в десятилетие 1929-1938 гг. Сильнее всего потепление сказалось в Гренландии, где средние зимние температуры были на 4-6 °С выше средних за многолетний период: это равносильно перемещению Гренландии на 300-400 км к югу. Потепление охватило большие пространства и было отмечено даже в южном полушарии.

Наука еще не выяснила полностью всех причин изменений климата. Возможно, что с появлением на Земле растительности сократилось количество углекислого газа в атмосфере (растения его поглощают), а этот газ предохраняет атмосферу Земли от излишней потери тепла в мировое пространство. За счет этого явления климат мог стать холоднее. Положение земной оси, расстояние от Земли до Солнца и другие астрономические показатели нашей планеты испытывают колебания с периодом в десятки миллионов лет: это может сказываться на притоке солнечного тепла.

Наконец, на климат могут действовать и изменения поверхности самой Земли: растут и понижаются горы, меняются очертания материков и глубины океанов, изменяются пути морских течений.