

5.3. Ветер и циркуляция атмосферы

Факторы, влияющие на скорость и направление ветра

Территориальные различия в атмосферном давлении вызывают горизонтальное движение воздуха – ветер. Воздух приводит в движение **градиентная сила**, возникающая вследствие разницы атмосферного давления. Она направлена из области высокого давления в область низкого давления. Чем больше градиент атмосферного давления (изменение давления на единицу расстояния), тем сильнее ветер. На карте погоды самые ветреные места можно распознать по расположению изобар (линий, соединяющих точки с одинаковым давлением) – там они близко прилегают друг к другу. Если бы градиентная сила была единственной силой, влияющей на движение воздуха, то различия в атмосферном давлении быстро выравнивались бы и постоянных систем ветров не было бы (рис 5.12).

Важной силой, влияющей на направление ветра, является сила инерции, или **сила Кориолиса**, возникающая в результате вращения Земли. Под действием этой силы в северном полушарии все движущиеся тела, в том числе воздух и вода, отклоняются от направления своего движения вправо, а в южном полушарии – влево. Сила Кориолиса на полюсах максимальна, а на экваторе отсутствует (рис. 5.13).

В приземном слое воздуха (высотой до 1 м) на движение ветра влияет также **сила трения** поверхности. Из-за ее воздействия скорость ветра над поверхностью земли уменьшается, а направление ветра изменяется. Чем больше сила трения, тем больше ветер в северном полушарии отклоняется от его первоначального

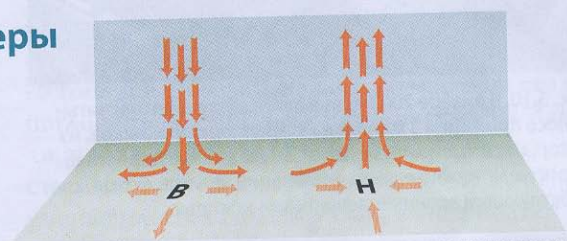


Рис. 5.12. Потенциальное направление движения воздуха в областях высокого и низкого давления при отсутствии вращения Земли (силы Кориолиса). При нагревании земной поверхности нагретый воздух поднимается и атмосферное давление понижается. При охлаждении земной поверхности воздух опускается и давление повышается.

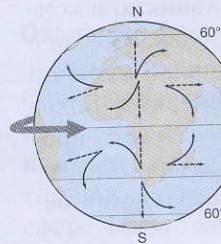
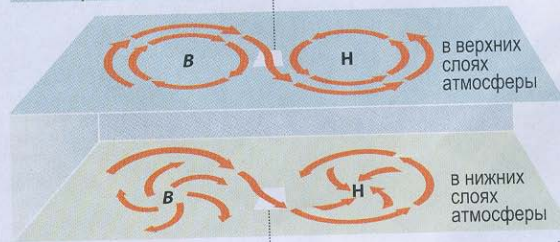


Рис. 5.13. Влияние силы Кориолиса, создающейся вращением Земли, на направление движения воздуха (и других движущихся тел) в северном и южном полушариях.



Рис. 5.14. Силы, влияющие на направление ветра в северном полушарии. Если на направление ветра влияют только градиентная сила и сила Кориолиса (в верхних слоях атмосферы), то ветер направлен вдоль изобары.



Изменение направления ветра под действием силы трения у поверхности земли.

направления влево, т.е. в сторону области более низкого давления (рис. 5.14). Вследствие этого возникает **сдвиг ветра** – разница между его направлением в высоких слоях и приземном слое может достигать 30 градусов. Например, если в высоте облака движутся с запада на восток, то над поверхностью земли может дуть юго-западный ветер.

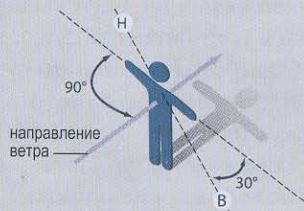
Глобальная циркуляция атмосферы

Под глобальной циркуляцией атмосферы понимается циркуляция атмосферы в целом. Она представляет собой систему наиболее обширных воздушных течений, которые существуют в атмосфере Земли относительно постоянно. Эти течения переносят из одного района в другой большое количество тепла и влаги.

Если бы земная поверхность была совершенно ровной и Земля не вращалась, то общая циркуляция воздуха была бы довольно простой. В области экватора теплый воздух поднимался бы вверх и растекался к полюсам, а холодный воздух перемещался бы от полюсов к экватору.

На самом же деле круговорот воздуха на земном шаре осложняется многими факторами. Во-первых, это уже упомянутые сила тре-

Рис. 5.15. Исходя из того, как связаны направление ветра и территориальные различия атмосферного давления, можно сформулировать барический закон ветра для северного полушария: если встать спиной против ветра, то область низкого давления будет слева и несколько впереди, а область высокого давления, соответственно, справа и несколько сзади. Но если учитывать направление движения облаков, то низкое давление будет от него слева, а высокое – справа.



ния и сила Кориолиса, изменяющие направление движения воздуха. Во-вторых, это неодинаковое нагревание и остывание обширных участков воды и суши, влияющие на распределение областей высокого и низкого давления, а также на движение воздуха. В-третьих, серьезным препятствием для перемещения приземных воздушных масс являются высокие горные массивы.

Вследствие зонального распределения солнечной радиации и неоднородного нагревания суши и мирового океана, атмосферное давление имеет поясное распределение. В каждом из поясов существуют свои преобладающие направления ветров. В каждом полушарии существуют по четыре пояса атмосферного давления, наличие которых определяется экваториальным минимумом, субтропическим максимумом (30°), субполярным минимумом (60°) и полярным максимумом давления (рис.5.16).

Экваториальные области получают много солнечной радиации. Воздух сильно нагревается и начинает подниматься, формируя тем самым устойчивую область низкого давления. Восходящий воздушный поток достигает тропопавузы и оттуда начинает перемещаться к полюсам. Достигнув широты 30°, воздух охлаждается настолько, что начинает опускаться, формируя в нижних воздушных слоях область вы-

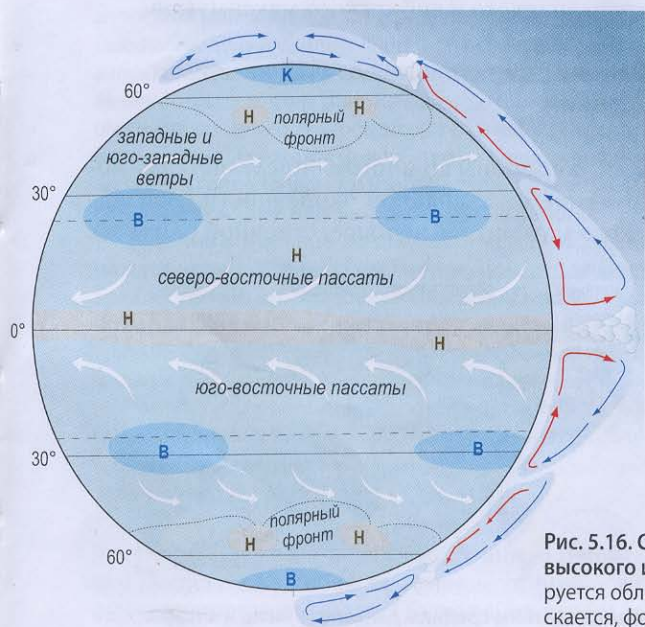


Рис. 5.16. Схема глобальной циркуляции атмосферы с областями высокого и низкого давления. В местах, где воздух поднимается, формируется область низкого давления и выпадают осадки. Там, где воздух опускается, формируется область высокого давления и стоит сухая погода.

сокого давления. Опускающийся воздух нагревается и становится суше, поэтому погода на этих широтах постоянно сухая и солнечная.

В приземном слое опустившийся сухой воздух начинает двигаться к областям низкого давления: одна часть – к экватору, другая – в более высокие широты. Движение воздушных масс к экватору порождает пассаты – ветры, постоянно направленные к экватору. Под действием силы Кориолиса они отклоняются в сторону от меридионального направления, порождая в северном полушарии северо-восточные, а в южном – юго-восточные пассаты. Поэтому в тропических областях преобладают восточные ветры.

Эту простую схему циркуляции воздуха осложняют муссоны. **Муссон** представляет собой систему обширных воздушных потоков, в которой направление ветра от сезона к сезону меняется на противоположное. Муссоны возникают на границах больших материков с океаном вследствие разной степени нагревания и охлаждения суши и водной поверхности. Типичные муссоны характерны для Южной Азии. Летом суша прогревается сильнее, чем океан, над ней создается область пониженного давления. В это время ветер дует с океана на материк, принося с собой влагу и осадки. Зимой океан теплее суши и ветер направлен в основном из глубинных районов материка к океану. Тогда наступает засуха.

Часть сравнительно теплого воздуха, опустившегося на 30-х широтах, движется к полюсам и примерно на 60-х широтах встречается с холодным воздухом, идущим от полюсов. Под действием силы Кориолиса воздушный

поток отклоняется вправо, порождая в высоких слоях атмосферы западные ветры. Вблизи земной поверхности, из-за силы трения, ветры приобретают преимущественно юго-западное направление. Движущиеся навстречу друг другу теплая и холодная воздушные массы почти не смешиваются – образуется т.н. полярный фронт. На этом участке возникают восходящие воздушные потоки.

В полярных широтах преобладают восточные ветры, дующие в приземном слое в Арктике с северо-востока, а в Антарктике – с юго-востока, от областей высокого давления, расположенных над полюсами.

На карте многолетних средних значений атмосферного давления (рис. 5.17) можно увидеть области наиболее высокого и наиболее низкого давления – максимумы и минимумы атмосферного давления. Они носят общее название «центры действия атмосферы», так как формируют циркуляцию атмосферы на территориях гораздо больше их собственной площади. Например, погоду в Эстонии формируют исландский минимум, являющийся причиной наших мягких зим с обильными осадками, и азорский максимум, под влиянием которого летом бывает особенно жаркая и солнечная погода. Морозная зимняя погода обусловлена влиянием гренландского и сибирского максимумов.

Влияние циркуляции воздуха на климат Эстонии

Климат Европы во многом определяется ее положением на западной оконечности евразийского материка, в непосредственной близости

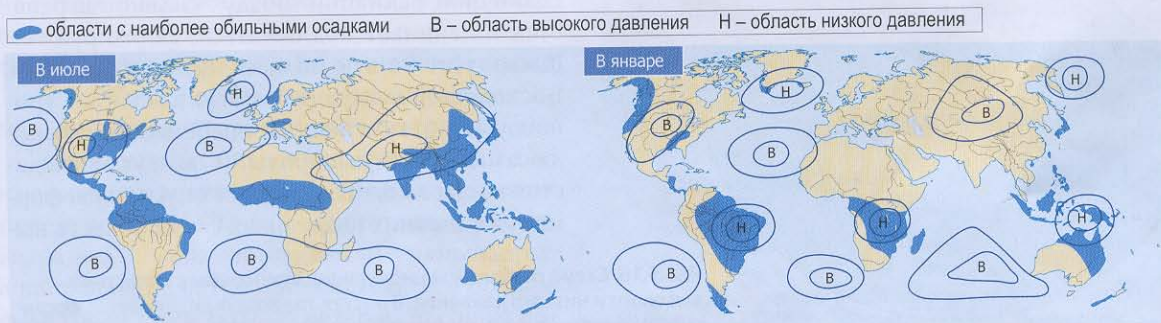


Рис. 5.17. Максимумы и минимумы атмосферного давления по многолетним средним данным за июль и январь.

от Атлантического океана. Западные ветры несут с океана в глубь суши влажные воздушные массы. Этим объясняются свойственные умеренной Европе обильные осадки и мягкие зимы. Зимы тем теплее, чем ближе расположена территория к Атлантическому океану, а чем дальше на восток, тем зима холоднее.

Эстония находится в зоне перехода морского климата к континентальному. Погода здесь очень изменчива, особенно зимой, когда она зависит от направления основных воздушных потоков. Теплый воздух приходит к нам зимой только с запада, с Атлантического океана. Если западный поток силен, то зима бывает мягкая, зачастую почти бесснежная, с частыми оттепелями. Если западный поток слабеет и ветры дуют в основном с материка – севера, востока или даже юга, – то зимой нас ждет более холодная погода и более стабильный снежный покров. Следовательно, зимнюю погоду в Эстонии определяет большей частью интенсивность западного переноса.

В последние десятилетия среднегодовая температура воздуха в Эстонии значительно повысилась (рис.

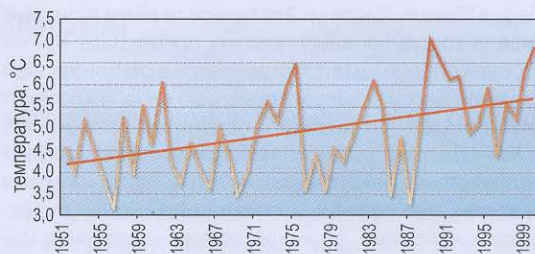


Рис. 5.18. Среднегодовые температуры воздуха в Тюри за 1951–2000 годы. Прямая линия на графике показывает тенденцию к повышению среднегодовой температуры.

5.18), что вполне согласуется с глобальным потеплением климата. Однако наш климат потеплел за счет зимы и весны, тогда как в другие времена года четкой тенденции к потеплению не наблюдается. Потепление зим обусловлено усилением западного воздушного потока, приносящего в наш регион все большее количество атлантического воздуха. С мягкостью зим связано и потепление весны – незначительный снеговой покров быстро тает, поэтому весна начинается раньше, чем после холодных зим, и воздух теплее.

Североатлантические колебания

Североатлантическими колебаниями (осцилляциями, английская аббревиатура NAO) называются взаимосвязанные и противоположно направленные колебания атмосферного давления в субтропических и субарктических широтах северной Атлантики (в азорском максимуме и исландском минимуме). Данные наблюдений свидетельствуют, что если в районе азорского максимума атмосферное давление намного выше обычного, то в районе исландского минимума оно ниже среднего, и наоборот. От разницы атмосферного давления между этими центрами непосредственно зависит сила западного и юго-западного ветров как над океаном, так и над западной частью Европы.

Разница атмосферного давления между азорским максимумом и исландским минимумом отражается количественно при помощи индекса NAO, по величине которого можно судить об интенсивности западного воздушного течения. При высоком положительном индексе NAO градиент атмосферного давления велик, и в Европу движется сильный поток морского воздуха. Отрицательному индексу NAO соответствует ослабле-

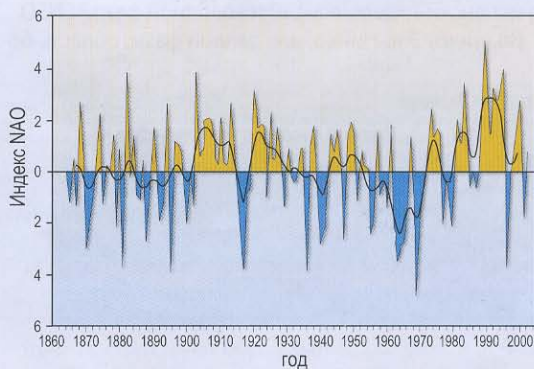


Рис. 5.19. Индекс североатлантического колебания (NAO) и зимнее (с декабря по март) 7-летние скользящие средние в период с 1864 по 2002 год. Положительные аномалии (обозначены желтым) приносят в Европу теплый воздух, отрицательные (обозначены синим) – зимнюю морозную погоду.

ние или даже прекращение западного переноса. Зимой это создает в Европе условия для установления морозной погоды. Зимнее значение индекса NAO в течение последних десятилетий значительно увеличилось (рис. 5.19).

Эль-Ниньо (El Niño)

Эль-Ниньо (также ENSO – El Niño Southern Oscillation) представляет собой отклонение от обычного функционирования системы циркуляции океана и

атмосферы. Возникая на тропических широтах Тихого океана, Эль-Ниньо вызывает серьезные погодные аномалии на всем земном шаре.

Течением Эль-Ниньо называется проникновение необычно теплой морской воды к берегам Эквадора

и Перу в Южной Америке. Это теплое течение приводит к гибели холодноводных морских организмов. Кроме того, оно сопровождается вторжением в регион жаркой и влажной массы экваториального воздуха, что служит причиной сильных ливней и обширных наводнений. Так как кульминация этого явления в южном полушарии приходится на летнее солнцестояние, т.е. на время Рождества, оно получило название Эль-Ниньо (по-испански – «мальчик», в данном случае – Младенец Иисус). Эль-Ниньо возникает нерегулярно, раз в 2–7 лет, в среднем через 3–4 года и продолжается 12–18 месяцев. Оно связано с южными осцилляциями, т.е. с противоположно направленными колебаниями атмосферного давления между юго-восточной частью Тихого океана (Таити) и северной Австралией (Дарвин). При обычных условиях атмосферной циркуляции в первом регионе находится область высокого давления, а во втором – область низкого давления. В этом случае Перуанское течение несет холодные воды до экватора, откуда пассатное течение переносит их дальше к западу. Самая теплая вода собирается в западной части Тихого океана. Прибрежные воды Перу богаты кислородом, питательными веществами и рыбой, а климат побережья совершенно сухой. Такое состояние называется явлением Ла-Нинья (по-испански – «девочка»), или холодной фазой ENSO.

Во время Эль-Ниньо, или теплой фазы, область бо-

лее низкого атмосферного давления перемещается в центральную и восточную части Тихого океана. Вследствие этого пассатное течение слабеет, а экваториальное межпассатное противотечение, вызванное западными ветрами, усиливается, что приводит к повышению температуры поверхностного слоя воды на 5 °С. За последние десятилетия самым опустошительным Эль-Ниньо наблюдали в 1982–1983 годах. Позже сильный Эль-Ниньо отмечался в 1986–1987, 1991–1995 и в 1997–1998 годах. Причины возникновения Эль-Ниньо пока еще неясны. Это явление сопровождается определенными климатическими отклонениями и в других регионах земного шара. Такие отклонения иногда приобращают катастрофические масштабы. Так, во время Эль-Ниньо в Австралии, Индонезии, Индокитае, Индии, Южной Африке и северо-восточной части Южной Америки случаются чрезвычайные засухи, вследствие которых возникают опустошительные пожары. Кроме западного побережья Южной Америки, сильные дожди обрушиваются на Калифорнию, юго-восточные штаты США, плоскогорья Восточной Африки, Южную Бразилию, Уругвай и Аргентину. Мягче обычной в это время зима на западе Канады и в северной части США. Во время Эль-Ниньо учащаются тропические циклоны над Тихим океаном, тогда как над Атлантическим океаном они почти не возникают (рис. 5.20).

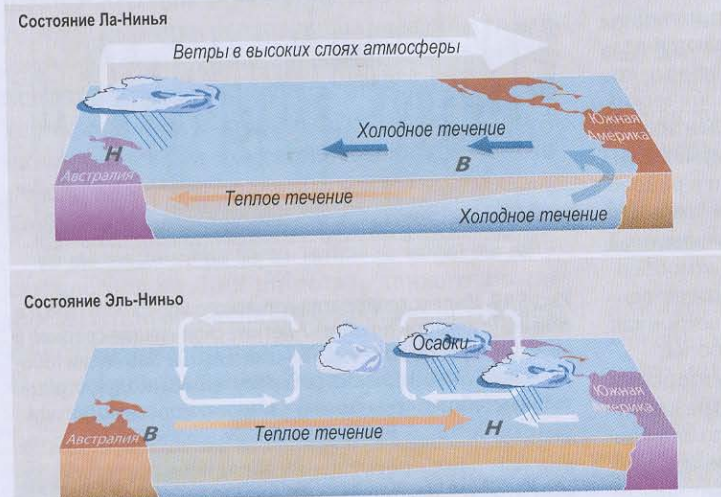
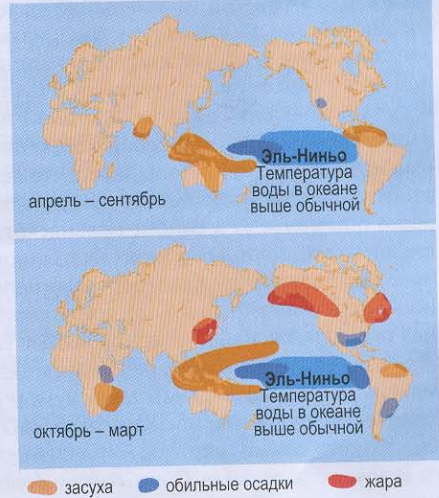


Рис. 5.20. Влияние Эль-Ниньо на климат.



Вопросы и задания

1. Как влияет на направление ветров сила Кориолиса?
2. Какие силы влияют на движения воздуха в приземном слое, а какие – в высоких слоях?
3. Что является причиной возникновения обширных зон высокого и низкого давления в разных частях Земли?
4. Найдите на карте расположение основных зон высокого давления зимой и летом.
5. Почему в экваториальной зоне формируется стабильная область низкого давления?
6. Охарактеризуйте и объясните циркуляцию воздуха между экватором и 30° широты.
7. Под влиянием каких факторов формируется климат Эстонии?
8. Почему погода Эстонии очень переменчива?