

13. ВЛИЯНИЕ ОРОГРАФИИ НА АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Учитывая размеры Земли, можно принять, что вертикальные размеры орографических неоднородностей пренебрежимо малы по сравнению с её радиусом. Тем не менее, орография заметно влияет на атмосферные процессы, что объясняется следующими основными причинами.

- Высота наиболее значительных горных массивов сравнима с характерной толщиной тропосферы.

- Атмосфера в среднем стратифицирована достаточно устойчиво, и силы плавучести препятствуют значительному вертикальному смещению воздушных частиц. В условиях орографических неоднородностей это ведёт к активизации горизонтальных перемещений воздушных частиц.

- Орографические неоднородности благоприятствуют развитию вертикальных движений. Атмосфера в среднем достаточно насыщена водяным паром для того, чтобы незначительный адиабатический подъём воздушной частицы привел к конденсации водяного пара в ней, что в свою очередь, является предпосылкой для выпадения осадков.

Горы в среднем оказывают тормозящее действие на вращательное движение атмосферы. Наличие даже невысоких гор способно изменять направление и скорость ветра, вызывать сильные ветры, что возникает в результате обтекания горы воздушными массами.

Сильные нисходящие ветры над подветренными склонами, порождаются воздушными массами, перевалившими через орографическое препятствие и устремляющимися вниз. При переваливании воздушных масс через хребет над наветренными склонами отмечается увеличение осадков.

Можно отметить разность давлений, возникающую по обе стороны хребта и факт повышенной частоты циклогенеза в подветренных зонах горных массивов.

При устойчивой стратификации натекающий воздух не может подняться, чтобы перевалить через гору, и начинает обтекать её, устремляясь через долины и ущелья. Если горная цепь не имеет легкодоступных долин, воздух может застаиваться в наветренной области, что приводит к повышению давления (антициклоны Скандинавии).

Орографические влияния можно условно разбить на три группы:

- Влияние орографии на формирование климатической картины распределения воздушных течений и давления, планетарных систем и сезонных схем циркуляции (влияния планетарного масштаба),
- Влияние орографии на возникновение, развитие и перемещение циклонов, антициклонов и фронтов (крупномасштабные орографические явления),
- Локальные (мелкомасштабные) орографические влияния – местные ветры, усиление или ослабление осадков, уплотнение или размывание облачности и др.

13.1. Горные ветры

Горно-долинные ветры

Обычно горные территории рассечены долинами. На склонах гор наблюдаются горные ветры (воздушный поток, идущий вниз по долине) и долинные ветры (воздушный поток, идущий вверх по долине). При спокойной антициклонической погоде в первую половину дня, когда атмосфера над горами достаточно прогрелась, возникает устойчивый поток воздуха, дующий вверх по долине, который достигает максимальной силы в местный полдень. Вертикальная мощность долинных ветров ограничена высотой горных хребтов.

После захода Солнца, когда горы охлаждаются, возникает устойчивый воздушный поток, направленный вниз по долине, существующий в течение всей ночи до утра. В некоторых районах, где горы покрыты снегом, горный ветер зимой может дуть в течение суток, усиливаясь ночью. По мере того, как горный ветер усиливается в ночное время, первоначальное понижение температуры воздуха в долине сменяется её повышением вследствие адиабатического нагревания воздуха.

Направление горных и долинных ветров определяется направлением долины, временем года и суток. Долинные ветры, поднимающиеся вдоль гор, способствуют образованию кучевообразных облаков. При ослаблении восходящих движений к вечеру процесс облакообразования прекращается, и облака размываются.

Когда циклон подходит к горам, которые препятствуют его продвижению, воздушные массы начинают накапливаться перед хребтом, что сопровождается развитием восходящих движений в атмосфере. Если барьерный эффект поддерживается достаточно долго, устойчивая воздушная масса начинает переваливать через горы. В результате

на подветренных склонах резко изменяется температура и влажность. Ветер приобретает характер бора или фёна.

Бора

Бора – это сильный порывистый ветер, направленный вниз по невысокому горному хребту и приносящий в зимнее время значительное похолодание. Наблюдается в районах, где горный хребет граничит с морем (Новороссийская бора, байкальская бора, или сарма и др.). При зимних вторжениях холодного воздуха последний, переваливая через хребет, приобретает большую нисходящую составляющую скорости из-за силы барического градиента и силы тяжести при создающемся неустойчивом распределении температуры (холодный воздух над тёплым). Например, в Новороссийске бора наблюдается в среднем около 50 дней в году, с половиной случаев при ветре 20 м/с и более (максимальным – до 40 м/с и даже 60 м/с).

Похолодание связано с низкой температурой вторгающегося воздуха, поскольку динамическое нагревание из-за небольшой высоты хребта невелико, и поступающий воздух оказывается значительно холоднее, чем воздух, занимавший данный приморский район до развития эффекта боры. В тёплое время года бора может наблюдаться без понижения температуры или даже с её повышением, принимая характер фёна.

Фён

Фён – сильный и порывистый ветер с высокой температурой воздуха и пониженной влажностью воздуха, дующий с гор в долины. При достаточной высоте хребта воздух адиабатически нагревается при нисходящем движении воздушной массы. Температура воздуха за короткое время (часы) может повыситься на 10 °С и более. Фёны наблюдаются на Северном Кавказе, Закавказье, в Альпах, в горах Средней Азии, на Курилах. Фён может вызвать быстрое таяние снега, летом оказывает вредное иссушающее действие на растительность. С подветренной стороны хребта нередко образуется фёновый циклон. В восходящем по наветренному склону воздухе образуется масса облаков, часто неподвижно стоящая над гребнем хребта (фёновая стена), поскольку здесь всё время образуются новые облака. На подветренном склоне облака размываются.

13.2. Облакообразование и осадки

Горные массивы оказывают значительное динамическое и тепловое воздействие на воздушные течения. Чем выше горы и круче склоны, чем больше нормальная к хреб-

хребту составляющая скорости ветра и меньше устойчивость атмосферы, тем больше обусловленные орографией скорости упорядоченных вертикальных движений, шире зона их распространения на равнинные предгорные районы.

Орография местности оказывает влияние как на усиление облакообразования и осадков, так и на их ослабление. У наветренной стороны хребта создаются благоприятные условия для развития облачности и выпадения осадков. У подветренных склонов усиливаются нисходящие движения и создаются условия для размывания облачности и уменьшения осадков.

При динамическом влиянии хребтов на воздушные потоки усиление осадков над наветренными склонами может сопровождаться ростом приземного давления, ослабление осадков и размывание облачности – падением давления.

Вынужденный подъём воздуха по склонам гор нередко вызывает орографические ливни и грозы конвективного характера.

Термическое влияние гор выражается в дополнительном прогревании склонов летом в дневные часы по сравнению с окружающим воздухом. Возникают термические неоднородности, вызывающие циркуляцию с восходящими движениями над хребтами и нисходящими в предгорьях. В итоге, над горами осадки усиливаются, а над предгорными долинами – ослабевают. В ночное время картина должна быть обратной, но так как дневной прогрев больше ночного охлаждения, то горы в основном играют роль нагревателей.

Зимой горы, наоборот, являются «холодильниками». Циркуляция воздуха обратная по сравнению с летней.

Для некоторых районов, наряду с циклонической деятельностью основной причиной формирования сезонных осадков является эффект запруживания влажных воздушных масс, что вызывает заметное увеличение количества осадков по сравнению с рядом расположенными районами.

Эффект запруживания воздушных масс заключается в возрастании восходящей составляющей движения при замедлении горизонтального воздушного потока, связанного с изменениями условий трения при переходе воздушных масс с суши на море, перед горными хребтами и массивами, динамической конвергенцией вектора скорости ветра.

Например, направление перемещения воздушных масс зимнего континентального муссона в большинстве оказывается перпендикулярным береговой линии восточного

побережья Японского моря, вдоль которого проходят системы горных хребтов, ориентированных параллельно береговой линии.

При пересечении теплого Японского моря континентальный умеренный воздух трансформируется: прогревается и увлажняется. И к восточному побережью приходят уже воздушные массы, близкие по свойствам к морскому умеренному воздуху. В относительно теплом морском умеренном воздухе создаются благоприятные условия для развития восходящих движений воздуха.

При приближении к высокому восточному побережью воздушные массы испытывают динамическое торможение, и накапливаются, набегая друг на друга, что приводит к возникновению дополнительной вертикальной составляющей движения. При переходе через береговую линию меняются условия трения. Тормозящее влияние подстилающей поверхности, последующее накопление воздушных масс перед горными хребтами и переваливание воздуха через них также благоприятствуют организации вынужденного подъема воздуха.

Играет роль и некоторое повышение давления в накапливаемом перед горами воздухе. Под влиянием орографического фактора, динамический рост давления в этом случае сопровождается развитием восходящих движений воздуха (в отличие от общих термодинамических факторов, когда при росте давления происходит развитие нисходящих движений) и образованием облачности и осадков (*рис. 13*).

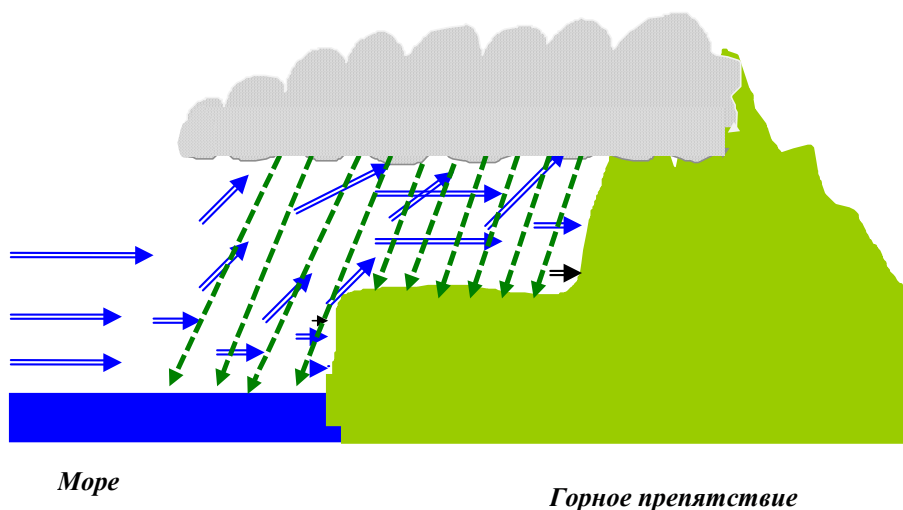


Рис. 13. Схема эффекта запруживания у побережья

Эффект запруживания прослеживается в распределении облачности и осадков раньше и распространяется дальше на побережье, чем в случае собственно орографических осадков, связанных с вынужденным подъёмом воздуха при его переваливании через хребет и достижения им условий насыщения. Количество осадков становится заметным уже над морем возле побережья.

Эффекты запруживания проявляются также в обострении циклонических осадков, связанном с дополнительным вынужденным подъёмом воздуха при приближении фронтальной воздушной массы к горному препятствию и дальнейшем её перемещении.

13.3. Влияние орографии на атмосферные фронты

Значительной деформации при переваливании через горный хребет подвергаются атмосферные фронты.

Например, при переваливании тёплого фронта, восходящие движения воздуха на наветренной стороне гор приводят к расширению зоны предфронтальных осадков. С подветренной стороны фёновое нагревание тёплого воздуха приводит к разрушению нижней части фронтальной поверхности, размыванию облачности и прекращению осадков. В дальнейшем, в отдалении от гор нормальная структура фронта восстанавливается, и на нём снова начинают выпадать осадки.

При переваливании холодного фронта через низкие горные цепи он не испытывает особой деформации. На наветренной стороне осадки могут усиливаться, на подветренной – ослабевать, но заметного размывания фронта не происходит.

Если холодный фронт переваливает через высокий хребет, и располагается примерно параллельно оси хребта, то участок фронта, подошедшего к хребту, задерживается, соседние участки фронта справа и слева от гор продолжают свое движение и, обогнув хребет, переходят на его подветренную сторону, смыкаясь. Таким образом, горная цепь оказывается окружённой холодным воздухом. Осадки выпадают по обеим сторонам хребта. Этот процесс носит название орографической окклюзии (по внешнему сходству с окклюзией циклона).

Если фронт перемещается под большим углом к оси горного хребта, то часть фронта, достигшая гор, задерживается (тормозится) в своем движении. Задержка холодного воздуха приводит к усилению роста давления, увеличиваются барические градиенты на ещё не подошедшем к горам участке, который идет от гор в сторону низкого давления, что приводит к возрастанию скорости ветра и увеличению скорости переме-

щения данного участка фронта. Фронт как бы «прижимается» хребту с наветренной стороны.

Движение участка фронта, идущего в сторону высокого давления, будет замедляться.

13.4. Влияние орографии на перемещение и эволюцию барических образований

Горные хребты оказывают влияние на траектории барических образований. Барические центры стремятся обогнуть горы по часовой стрелке. Наблюдается также замедление перемещения барических образований перед горами, а низкие холодные антициклоны могут быть задержаны высокими горами.

Наиболее сильное торможение воздушного потока наблюдается у подножия хребта, как на наветренной, так и на подветренной его сторонах. В наветренной области имеет место рост давления и восходящие движения воздуха, в подветренной – падение давления и нисходящие движения воздуха. Следовательно, накопление воздуха по одну сторону хребта приводит к резкому перепаду давления при переходе через горы.

Влияние гор проявляется не только в областях, непосредственно примыкающих к ним, но и распространяется на несколько сот километров на прилегающие районы. Чем выше горный массив, чем круче склоны хребта, тем более мощный слой охвачен орографическим возмущением потока и интенсивнее его влияние на атмосферные процессы.

На практике чаще всего приходится встречаться с орографической эволюцией циклонов, низких подвижных антициклонов и барических ложбин с атмосферными фронтами. В центральной части высокого антициклона ветры слабые, поэтому при его перемещении через горный хребет чаще всего происходит лишь соответствующая деформация барического поля над периферийными областями.

При приближении циклона к горному хребту в передней его части вследствие конвергенции потока происходит рост давления. Рост давления под влиянием орографических факторов сопровождается восходящими движениями и развитием облачности и осадков, а падение – нисходящих, размыванием облачности и прекращением осадков (в отличие от общих термодинамических факторов, когда рост давления в нижней тропосфере обычно сопровождается нисходящими движениями воздуха, а падение – восходящими). Далее по мере перемещения циклона начинается падение давления на под-

ветренном склоне хребта. Поэтому образуются два центра пониженного давления – один у наветренного склона, другой у подветренной стороны хребта. Дальнейшее перемещение циклона сопровождается увеличением и углублением области пониженного давления у подветренной стороны при исчезновении циклона у наветренной стороны. Обычно циклон перед хребтом существует не более суток. Данный процесс носит название сегментации циклона.

Если циклон встречается с хребтом, расположенным широтно, то его центр также раздваивается – один центр располагается севернее хребта, другой – южнее. При дальнейшем развитии циклона оба центра сохраняются и действуют как самостоятельные циклоны. Этот процесс называется раздваиванием циклона.

Кроме орографического циклогенеза, в некоторых районах имеет место и орографический антициклогенез. Процесс орографического антициклогенеза выражается в образовании у поверхности Земли самостоятельного антициклонического центра на наветренной стороне горного хребта. Этот процесс наблюдается перед хребтами, ориентированными обычно с севера на юг.

Если бы земная поверхность была бы однородной, то распределение давления, как указано выше, имело бы зональный характер. Материки существенно нарушают эту картину за счёт эффектов как динамического и термического происхождения. Эти эффекты максимальны в случаях, когда на материке есть горные хребты, которые оказывают существенное влияние на сезонное распределение барических минимумов и максимумов.