

ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ ВЕТРОТУРБИН

Лектор: Байжұма Жандос Ескендірұлы

Тел.: +7 707 556 60 08

Email: zhandos.baizhuma@kaznu.edu.kz

Лекция 7

Тема. Шкала Бофорта на поверхности суши. Сила и направление ветра. Влияние силы трения на ветер. Местные ветры

Цель: Изучить методы оценки силы ветра, понять влияние трения о поверхность Земли на ветровые потоки и познакомиться с особенностями местных ветров.

Основные вопросы:

1. Шкала Бофорта для суши: назначение, классификация.
2. Определение силы и направления ветра.
3. Влияние трения поверхности на скорость и направление ветра.
4. Местные ветры: виды, причины и особенности.

Краткие тезисы:

- **Шкала Бофорта** — система оценки силы ветра через наблюдения за его воздействием на объекты (деревья, здания, водные поверхности).
 - На суше оценивают по движению деревьев, пыли, облаков.
 - Число Бофорта (0–12) соответствует скорости ветра.
- **Сила ветра** — скорость горизонтального движения воздуха.
- **Направление ветра** — откуда дует ветер (указывает румб).

Ветер характеризуется скоростью, силой и направлением. **Скорость ветра** измеряется в м/сек (км/час), в баллах (шкала Бофорта от 0 до 12), в узлах по международному коду (1 узел – 0,5 м/сек).

Шкала для определения скорости, силы и названия ветра (шкала Бофорта)

Сила ветра в баллах	Скорость ветра м/сек (км/ч)	Название ветра	Местные признаки для определения силы, скорости и названия ветра
0	0-0,2 (0-0,72)	Штиль (безветрие)	Суша (С): листья неподвижны, дым поднимается вертикально вверх. Море (М): зеркальное море
1	0,3-1,5 (1,1-5,4)	Тихий	С: листья неподвижны, дым отклоняется, флюгер неподвижен. М: рябь, пены на гребнях нет.

2	1,6-3,3 (5,8-11,9)	Легкий	С: листья шелестят, лицом чувствуется легкое дуновение, флюгер движется. М: короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными.
3	3,4-5,4 (12,2-19,4)	Слабый	С: колышутся легкие флаги и небольшие ветки деревьев с листьями. М: короткие, хорошо выраженные волны. Гребни опрокидываются, образуют стекловидную пену, изредка образуются маленькие белые барашки.
4	5,5-7,9 (19,8-28,4)	Умеренный	С: флаги развеваются, колеблются ветки деревьев без листьев, с земли поднимается пыль и бумажки. М: волны удлинённые, белые барашки видны во многих местах.
5	8-10,7 (28,8-38,5)	Свежий	С: вытягиваются большие флаги, колеблются большие, покрытые листьями ветки, тонкие стволы. М: хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны, повсюду видны белые барашки (в отдельных случаях образуются брызги)
Сила ветра в баллах	Скорость ветра м/сек (км/ч)	Название ветра	Местные признаки для определения силы, скорости и названия ветра
6	10,8-13,8 (38,9-49,7)	Сильный	С: колеблются толстые ветки деревьев, звуки ветра слышны в здании, гудят телеграфные провода, трудно пользоваться зонтом. М: начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади (вероятны брызги).
7	13,9-17,1 (50-61,6)	Крепкий	С: качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно. М: волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру.
8	17,2-20,7 (61,9-74,5)	Очень крепкий	С: ветер ломает тонкие ветки и сухие сучья деревьев, заметно затрудняется движение против ветра. М: умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся рядами по направлению ветра.

9	20,8-24,4 (74,9-87,8)	Шторм	С: ветер ломает ветки на деревьях, срывает с места легкие предметы, крыши, валит заборы, наблюдаются небольшие повреждения. М: -//-
10	24,5-28,4 (88,2-102,2)	Сильный шторм	С: ветер клонит деревья к земле, слабые деревья вырывает с корнем, наблюдаются разрушения строений. На суше бывает редко. М: очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями. Образующаяся пена выдувается ветром большими хлопьями в виде густых белых полос. Поверхность моря белая от пены. Сильный грохот волн подобен ударам. Видимость плохая.
11	28,5-32,6 (102,6-117,4)	Жестокий шторм	С: ветер производит большие разрушения строений на значительном пространстве, вырывает деревья с корнем. На суше наблюдается очень редко. М: исключительно высокие волны. Суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Море все покрыто длинными белыми хлопьями пены, располагающимися по ветру. Края волн повсюду сдуваются в пену. Видимость плохая.
Сила ветра в баллах	Скорость ветра м/сек (км/ч)	Название ветра	Местные признаки для определения силы, скорости и названия ветра
12	32,7 (117,7) и более	Ураган	С: Сплошные разрушения. На суше наблюдается очень редко. М: воздух наполнен пеной и брызгами. Море все покрыто полосами пены. Очень плохая видимость.

Различают *сглаженную* скорость за некоторый небольшой промежуток времени и *мгновенную*, скорость в данный момент времени. Скорость измеряют анемометром, с помощью доски Вильда.

Наибольшая средняя годовая скорость ветра (22 м/сек) наблюдалась на побережье Антарктиды. Средняя суточная скорость, там доходит иногда до 44 м/сек, а в отдельные моменты достигает 90 м/сек.

Скорость ветра имеет суточный ход. Он близок к суточному ходу температуры. Максимальная скорость в приземном слое (100 м – летом, 50 м – зимой) наблюдается в 13-14 часов, минимальная скорость – в ночные часы. В более высоких слоях атмосферы суточный ход скорости обратный. Это объясняется изменением интенсивности

вертикального обмена в атмосфере в течение суток. Днем интенсивный вертикальный обмен затрудняет горизонтальное перемещение воздушных масс. Ночью этого препятствия нет и Вм перемещаются по направлению барического градиента.

Сила и направление ветра

Сила ветра. Она определяется давлением, которое оказывает движущийся воздух на предметы и измеряется в кг/м^2 . Сила ветра (P) зависит от скорости: $P = 0,25 V^2$. Сила ветра зависит еще и от плотности воздуха, При одинаковой скорости ветра у земной поверхности и в верхней тропосфере сила его вверху в 5 раз меньше, чем у поверхности. Обычно, чем меньше плотность, тем больше скорость ветра. Поэтому с высотой скорость ветра возрастает, к тому же этому способствует отсутствие трения о подстилающую поверхность.

Направление ветра. Это сторона света, *откуда* дует ветер. Указать это направление, значит, назвать либо точку горизонта, откуда дует ветер, либо азимут этого направления. В первом случае различают 8 основных румбов горизонта и 8 промежуточных румбов.

Также как и для скорости, различают мгновенное и сглаженное направление ветра. Для анализа результатов наблюдений за направлением ветра строят специальные диаграммы «розу ветров», на которой показывается повторяемость направлений ветра за месяц, год.

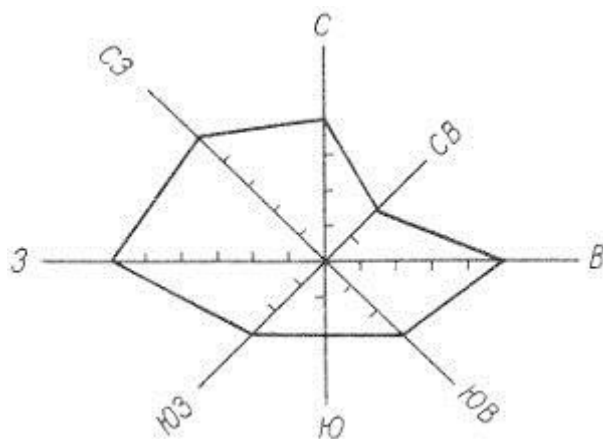


Диаграмма "роза ветров" (повторяемость ветров разных направлений в днях)

Направление ветра и его сила зависят в первую очередь от барического градиента. Только сила барического градиента приводит воздух в движение и увеличивает его скорость. Все другие силы, проявляющиеся при движении воздуха, могут лишь тормозить движение и отклонять его направление от направления барического градиента. Но, если бы на воздух действовала только сила барического градиента, то движение воздуха было бы равномерно ускоренным. Хотя это ускорение не велико, но при длительном действии скорость ветра могла бы достичь больших значений. Силой, уравнивающей силу барического градиента, является сила Кориолиса, отклоняющая сила вращения Земли. Она равна нулю на экваторе и имеет наибольшую величину на полюсах. Она относится только к движущимся телам. В определенных условиях сила Кориолиса может уравновесить силу барического градиента. Когда эти две силы уравновесятся, то воздух будет двигаться прямолинейно и равномерно без трения. Такие условия появляются на высоте более 1000 м (нет трения о подстилающую поверхность). Такой ветер называется *геострофическим*.

Геострофический ветер дует вдоль изобар, оставляя низкое давление в северном полушарии – слева, в южном полушарии – справа.

Скорость геострофического ветра прямо пропорциональна величине барического градиента. Чем гуще изобары, тем сильнее ветер.

Если движение воздуха происходит без действия силы трения по криволинейным изобарам, то кроме силы градиента и силы Кориолиса, появляется еще и центробежная сила. Направлена центробежная сила по радиусу кривизны в сторону выпуклости траектории. Ветер, дующий по криволинейным траекториям без влияния трения называют *градиентным ветром*.

Градиентный ветер направлен, как и геострофический ветер, по изобарам, только по круговым. Отсюда, в циклоне (Z) ветер будет дуть против часовой стрелки, в антициклоне (Az) – по часовой стрелке. Это относится к северному полушарию. В южном полушарии направления ветра в циклоне и антициклоне изменяются на противоположные.

Влияние силы трения на ветер

Трение в атмосфере это сила, которая сообщает уже существующему движению воздуха отрицательное ускорение, т.е. замедляет движение и меняет его направление. Эта сила направлена противоположно направлению скорости. С высотой она убывает. Вызывается

сила, трением воздуха о шероховатую поверхность, за счет турбулентности потока, вызванного неравномерным прогревом или охлаждением поверхности.

Скорость ветра уменьшается за счет трения над сушей примерно вдвое по сравнению с геострофическим ветром, рассчитанным для того же барического градиента. Над морем скорость действующего ветра составляет около двух третей скорости геострофического ветра. Море обеспечивает меньшее трение воздуха, чем суша.

Сила трения влияет и на направление ветра. За счет трения ветер может отклоняться от направления градиентного. Над морем он близок к градиентному направлению (угол отклонения от градиента 10-20°), над сушей отклонение сильнее (40-50°). Отсюда, в барическом минимуме (циклоне) возникает движение воздуха против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном полушарии, с отклонением к центру. В барическом максимуме воздух движется по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой стрелки в южном полушарии, с отклонением к периферии. В циклоне воздух как бы сходится в центре (конвергенция), а в антициклоне, наоборот, расходится от центра к периферии (дивергенция).

По направлению ветра можно судить о расположении областей высокого и низкого давлений. Для этих целей используют *закон Бэйс-Балло*: «Если встать спиной к ветру, а лицом туда, куда дует ветер, то наиболее низкое давление окажется слева и несколько впереди, а наиболее высокое давление – справа и несколько сзади».

Направление ветра, его режим необходимо знать при планировании использования территории, борьбы с негативными последствиями (ветровая эрозия, антропогенное атмосферное загрязнение в городах, шторма в морях и т.д.).

Ветер можно использовать для выработки электроэнергии, особенно для районов с неразвитой инфраструктурой, но себестоимость такой энергии выше, чем полученной традиционными способами.

Местные ветры

Местные ветры это местные, региональные системы циркуляции. Они характерны для определенных географических районов. Происхождение их тоже различно. К проявлениям местной циркуляции, независимой от общей циркуляции атмосферы, относятся бризы, горно-долинные ветры. Местные ветры могут возникать под влиянием орографии или топографии местности. К ним относятся фён, бора, сирокко и другие.

Адриатическая бора – холодный зимний ветер, переваливающий через Динарские горы. Один из самых характерных представителей этого типа ветров, наряду с новороссийской и новоземельской борой.

Ае – сухой обжигающий пассат на Гавайских островах.

Антильские ураганы – тропические циклоны, наблюдаемые в Карибском море и Мексиканском заливе.

Афганец (авгон шамоли) – местный юго-западный ветер, очень пыльный, дующий в районе верхнего течения Амударьи.

Бад-и-сад-о-бистроз, ветер 120 дней – сильный сток ветра с перевала Парапамиз, обычен с мая по сентябрь.

Бакинский норд – местный северный ветер типа боры на Апшеронском полуострове, связанный с вторжениями холодного воздуха.

Биза – северный или северо-восточный ветер в горных районах Франции и Швейцарии, аналогичный мистралю, холодный и сухой. Наблюдается при вторжениях холодных воздушных масс.

Блиццард – метель при сильном северо-западном ветре и низкой температуре, в тылу циклона (в Северной Америке, Англии и полярных странах в т.ч. Антарктиде).

Буран – метель при сильном ветре и низкой температуре.

Буря – очень сильный ветер со скоростью 20 м/сек и выше, сопровождающийся значительными волнениями на море и разрушениями на суше. Б. обычно связан с прохождением интенсивных циклонов.

Гармсилъ – сухой жаркий ветер в предгорьях Копетдага и западного Тянь-Шаня, дующий летом с юга и востока. Имеет характер фёна.

Доктор – приятный освежающий дневной бриз с этим названием наблюдается на побережьях Ямайки, Западной Индии, Южной Африки. На юго-западе Австралии называется: *альбани-доктор, перт-доктор, эсперанс-доктор, эукла-доктор, фримантл-доктор*.

Ледниковый ветер (стоковый ветер) – ветер, дующий над ледником вниз по течению последнего, из более охлажденной верховой части в более теплые районы (в горных долинах, над морем). Обусловлен охлаждением воздуха поверхностью льда. Наиболее характерен для Гренландии и Антарктиды. В антарктиде ледниковые (стоковые) ветры достигают скорости 40-60 м/сек и более. Максимальная скорость такого ветра 300-305 км/ч.

Мистраль – сильный и холодный северо-западный ветер на средиземноморском побережье Франции в долине Роны. Схож с борой.

Новоземельская бора – холодный ветер, переваливающий через горы Новой Земли из Карского моря в Баренцево.

Памперо – холодный штормовой ветер южных направлений в Аргентине и Уругвае, иногда с дождями и грозами. Связан с прохождением холодных фронтов и вторжениями антарктического воздуха.

Сайкан – ураганный западный ветер в Алакольской котловине и на озере Алаколь на востоке Казахстана, дующий из ущелья Сайкан в Джунгарском Алатау.

Сам ели – сухой противоположного направления в долине Куры, летом.

Самум – местное название сухого горячего ветра в пустынях Аравии и Северной Африки. С. представляет собой шквал с песчаной бурей, нередко с грозой.

Сарма – сильный ветер типа боры дующий с Приморского хребта на поверхность оз. Байкал в районе устья р. Сармы со скоростью до 40 м/сек. Максимальная повторяемость в октябре-декабре.

Сирокко – сильный теплый ветер южного и юго-восточного направления в передней части циклона в средиземноморском бассейне. На Апеннинском и в западной части Балканского полуострова. Воздух С. обычно влажный, на Аравийском полуострове и в Месопотамии – сухой и с песчаной пылью.

Смерч – сильный атмосферный вихрь с вертикальной осью длиной в несколько десятков метров. Возникает под кучево-дождевым облаком и перемещается вместе с ним; существует от нескольких минут до нескольких десятков минут. Скорости ветра в С. могут достигать 50-100 м/сек при сильной восходящей составляющей. Обычно причиняют значительные разрушения.

Суховей – ветер при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха в степях и полупустынях Евразии, вредный или губительный для полевых культур. При С. усиливается испарение, что при недостатке влаги в почве приводит к увяданию и гибели растений.

Тайфун – название тропических циклонов штормовой и ураганной силы на Дальнем Востоке. Т. возникают преимущественно летом и осенью в океане к востоку и западу от Филиппинских островов и в своем дальнейшем развитии могут достигать берегов Китая, Японии, Кореи, России.

Техуантепекеро – сильный зимний (обычно с ноября по март) ветер типа боры на Тихоокеанском побережье Мексики. Дует через перешеек Техуантепек в сторону одноименного залива при вторжении континентального воздуха умеренных широт на Мексиканский залив.

Торнадо – название тромбов. Особенно часты в юго-восточной части США, где ежегодно наблюдается несколько сотен Т.

Трамонтан – сильный и сухой ветер, по типу близкий к фёну в Средиземноморье сопровождающийся хорошей погодой. Сходное название имеют ещё три типа ветров.

Трамонтана (1) – ветер типа боры (с Альп на Паданскую низменность), иногда приобретает черты фёна.

Трамонтана (2) – холодный ветер типа боры в Северной и Центральной Италии, направление в основном северо-восточное. Сопровождается ясной погодой, типичен зимой.

Трамонтана (3) – холодный и бурный порывистый ветер с Пиренеев на Балеарское море, сопровождающийся ясной и сухой погодой.

Тромб – сильный вихрь (смерч) над сушей диаметром в несколько десятков метров, возникающий под грозовым облаком. Скорости ветра в нем достигают 50-100 м/сек, а полоса разрушений – сотен метров в ширину. Возникает в жаркую погоду при резко неустойчивой стратификации атмосферы. В США называется «торнадо».

Ураган – ветер разрушительной силы и значительной продолжительности, со скоростью 30 м/сек и более.

Хабуб – сильная песчаная или пыльная буря в Судане. Наиболее часто Х. бывает с мая по октябрь.

Хамсин – сухой, жаркий, пыльный южный ветер на северо-востоке Африки, особенно частый весной, при прохождении циклонов над Средиземным морем или северной Сахарой. По-арабски Х. – 50, так как ветер дует примерно 50 дней.

Харматан, гарматан – сухой, жаркий, пыльный северо-восточный ветер, дующий зимой в Западной Африке, в области островов Зеленого Мыса и Гвинейского залива. По существу Х. является зимним муссоном.

Чинук («пожиратель снегов»)– местное название юго-западного фёна на восточных склонах Скалистых гор в Канаде и США. То же название имеет влажный ветер с океана на Западе Кордильер, несущий пасмурную дождливую погоду, теплую зимой и прохладную летом

Шквалы – резкие порывистые усиления ветра. Бывают внутримассовые, в передовой части кучево-дождевых облаков, и фронтальные, образуются при прохождении холодного фронта.

Этезии – умеренные или сильные северные или северо-западные ветры над северной частью Средиземноморья в сторону Африки. Наблюдаются с середины мая до середины октября. Могут дуть непрерывно до 40 дней. Возникают в случае, когда над Южной Европой появляется отрог Азорского антициклона, а над нагретой Передней Азией формируется зона пониженного давления. Э. приносят дымку и туман к северным берегам Африки. Иногда охватывает территории от Пиренеев до Сирии и Босфора. В период ночного ослабления называется «спящий ветер».

Контрольные вопросы.

1. В чем характеризуется Шкала для определения скорости, силы и названия ветра (шкала Бофорта)?
2. Что такое сила ветра?
3. Что представляет собой понятие направление ветра и диаграмма «роза ветров»?
4. Как влияет сила трения на ветер?
5. Перечислите виды местных ветров?

Литература

1. Зубащенко Е.М. Региональная физическая география. Климаты Земли: учебно-методическое пособие. Часть 1. / Е.М. Зубащенко, В.И. Шмыков, А.Я. Немыкин, Н.В. Полякова. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – 183 с.