

Действительно, растениям необходим свет, и они разворачиваются к солнцу. Ботаники называют это гелиотропизмом (от греческих слов helios – солнце и tropos – поворот). Ярчайший пример гелиотропизма – подсолнечник, цветы которого неустанно следят за светилом. (Опять загвоздка. Когда к свету повернуты листья, это нужно для фотосинтеза. А цветам-то зачем вертеться? Догадались?)

Спору нет, свет – важнейший жизненный фактор. Во влажном сумраке тропических джунглей лианы взбираются на десятки метров вверх, чтобы там, вырвавшись к солнцу, расправить листья. Вообще, всякое растение стремится в первую очередь к тому, чего не хватает. Например, верблюжья колючка растет в пустыне, где уж чего-чего, а света в избытке, зато в дефиците вода. Поэтому на поверхности торчит крохотный кустик (это позволяет сэкономить на испарении), но корни, наоборот, тянутся глубоко вниз к драгоценной влаге. Этакая лиана наоборот. Тут, видимо, речь идет о гидротропизме. Но это к слову.

Размышления под кривой березой

Вернемся к нашим березам. Глупо было бы отрицать, что листья, непосредственно участвующие в фотосинтезе, следуют за солнцем. Однако ствол куда менее подвижен. Его назначение – нести на себе тяжесть кроны. К тому же листьям-то какая разница, куда наклонился ствол. Едва ли им под силу развернуть такую махину. Естественнее предположить, что какой-то внутренний механизм помогает стволу ориентироваться против силы тяжести. Интересно, как может работать этот встроенный отвес?

Рассмотрим, какие внешние силы действуют на ствол дерева. Пусть сначала дерево стоит вертикально (рис.2,а). Тогда сил всего две: сила тяжести $\vec{P} = m\vec{g}$ и равнодействующая сил реакции почвы $\vec{N} = -m\vec{g}$. Сила тяжести приложена к центру масс, расположенному примерно посередине дерева на высоте $h/2$, а сила реакции – к корням дерева. Обе силы действуют вдоль ствола и уравнивают друг друга. Очевидно, что вертикальный ствол работает только на сжатие.

Коль скоро речь зашла о физике, имеет смысл представить себе порядки входящих в задачу величин. Пусть речь идет о взрослой березе. Тогда центр тяжести

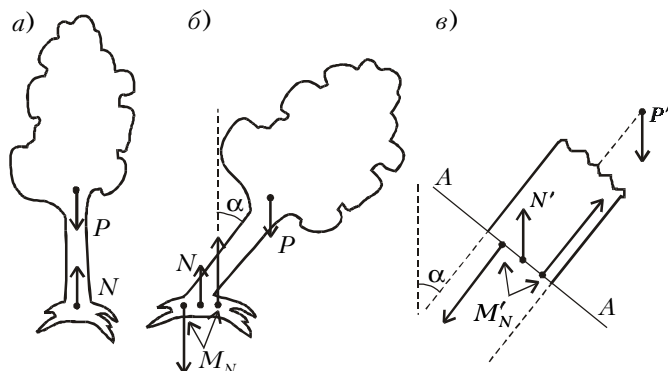


Рис.2. Силы и моменты, действующие на вертикальные и наклонные деревья

находится на высоте $h/2 \sim 10$ м, диаметр ствола $d = 2R \sim 0,2$ м, а общая масса дерева, если пренебречь сужением ствола и считать его цилиндрическим, $m \sim \pi R^2 h \rho \approx 2500$ кг. (В последней оценке мы заведомо завысили плотность древесины, приняв $\rho \approx 1000$ кг/м³. Зато мы не учитывали крону.) Без всяких вычислений легко сообразить, что давление на срезе ствола почти такое же, как на глубине h под водой: $p \sim \rho gh \approx 2 \cdot 10^5$ Н/м² ≈ 2 атм.

После бури

Посмотрим, что изменится, если сильный порыв ветра наклонит дерево (рис.2,б). Очевидно, смещение центра масс вызовет появление моментов сил. Разумеется, по величине силы тяжести и реакции почвы не изменятся, однако теперь они будут направлены не по одной линии и неизбежно создадут вращательный момент. Величина момента пары сил равна произведению силы на плечо:

$$M_P = P \frac{h}{2} \sin \alpha,$$

где α – угол отклонения дерева от вертикали. Этот момент должен быть уравновешен ответным моментом сил реакции почвы:

$$M_N = -M_P,$$

в противном случае дерево будет вывернуто с корнем (как, например, на известной картине И.И.Шишкина «Утро в сосновом лесу»). Таким образом, когда дерево наклонилось, помимо силы реакции почвы на его корни действует момент, удерживающий его в этом положении.

Однако одними лишь внешними моментами дело не обойдется. Отклонение от вертикали приведет к перераспределению напряжений внутри ствола. Напомним, что напряжением называется сила, действующая на мысленно выделенную единичную площадку. Причем в твердом теле кроме сжатий и растяжений могут возникать еще и сдвиговые напряжения, которых не бывает в жидкости.

Чтобы найти напряжения, нам придется написать пару формул. Впрочем, поверив автору на слово, можно сразу переходить к следующему разделу.

Давайте мысленно разрежем дерево по линии А – А и рассмотрим силы, приложенные к верхней части ствола (рис.2,в). Дословно повторив все рассуждения, мы приходим к выводу, что сумма сил, действующих на срезе, эквивалентна вертикальной силе реакции \vec{N}' , уравнивающей силу тяжести \vec{P}' , и моменту пары сил M'_N , удерживающему ствол (штрихами отмечены величины, относящиеся к верхней части ствола), где

$$\vec{P}' = m'\vec{g},$$

$$\vec{N}' = -m'\vec{g},$$

$$M'_N = m'g \frac{h'}{2} \sin \alpha.$$

Поскольку срез А–А наклонен, сила реакции имеет сдвиговую составляющую $N'_{сд} = m'g \sin \alpha$, а среднее