

А 88

НАРКОМЛЕС
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ДРЕВЕСИНЫ

В. АРЦИХОВСКИЙ

СОСУЩАЯ СИЛА ДРЕВЕСИНЫ

— — —



ИЗДАТЕЛЬСТВО НКТП
МОСКВА ★ 1932

НАРКОМ ЛЕС
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ДРЕВЕСИНЫ

В. АРЦИХОВСКИЙ

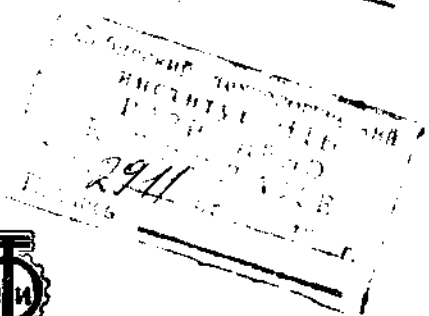
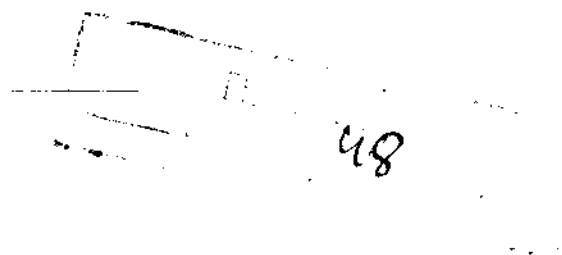
~~630.16~~

~~А-883~~

630.16

A-883

СОСУЩАЯ СИЛА
ДРЕВЕСИНЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО НКТП
МОСКВА ★ 1932

А

весьма важную роль в качестве одного из факторов этих процессов. Детальное изучение этих явлений обещает дать существенные практические результаты и в этой области.

Как ни вероятны все эти перспективы, однако реализация их представляется делом будущего, быть может даже не очень близкого. Вместо широких перспектив в дальнейшем было бы желательно теперь же показать, как могло бы быть использовано на практике учение о сосущей силе хотя бы в какой-либо ограниченной области. Опus probandi бремя доказательств лежит всегда на том, кто что-либо утверждает. Имея это в виду, я включил в сборник небольшое предварительное сообщение о применимости измерения сосущей силы, древесины для определения ее влажности.

Метод этот обещает дать в руки практического работника ценное средство для быстрой ориентировки в вопросах о влажности как древесины, так и некоторых других материалов.

Проф. В. Арциховский

Москва, 1930

ПРОФ. В. АРЦИХОВСКИЙ
О СОСУЩЕЙ СИЛЕ РАСТЕНИЙ И О МЕТОДАХ ЕЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В конце XIX столетия Бем у (Boëhm 1893) удалось сделать интересные наблюдения. Веточка ивы всасывала в его опытах воду с такой силой, что при атмосферном давлении в 74,2 см разница уровней столба ртути в его приборе оказалась равной 76,4 см. В опытах с ветками туи эта разница уровней возрастала до 90,6 см. Бем пишет по этому поводу: «иной физик объяснит это «наблюдение» галлюцинацией».

И в самом деле эти парадоксальные на первый взгляд результаты встретили к себе недоверчивое отношение в науке. Однако Страсбургер (Strasburgër, 1891), повторяя опубликованные ранее аналогичные опыты Бема, хотя и не получили столь эффектных результатов, все же принужден был подтвердить, что растение может заставить ртуть подняться на высоту, большую атмосферного давления.

Аскенази (Askenasy, 1895) воспроизвел это явление на приборе, заменив испаряющее воду растение пропитанным водою гипсом. Дальнейшее подтверждение опыта Бема получили в работах Уршпрунга (Ursprung), 1915) Иоста (Iost, 1916) и Нордгаузена (Nordhaysen).

Во всех этих опытах мы имеем дело с отрицательными давлениями. Термин этот нуждается в пояснении. До недавнего времени отрицательными давлениями называли просто давления ниже атмосферного (но выше 0!). Сам Бем именно так понимал этот термин. В том же смысле говорит об отрицательных газовых давлениях («negative Gasspannungen») Пфедфер (Pfeffer, 1897), стр. 183, 185, 211 и др.; такое же словупотребление находим мы у Ивановского в его «Физиологии растений» (1917—1919, стр. 274) и у ряда других авторов.

Такое условное понимание термина «отрицательные давления» по существу явно неправильно, ибо, как бы мало ни было это давление в газовой среде, оно все же является положительным, и вряд ли возможно представить себе действительно отрицательное газовое давление.

Ввиду того, что вопрос об отрицательных давлениях обыкновенно игнорируется даже в крупных руководствах по физике, здесь необходимо остановиться на выяснении этого понятия.

Рассмотрим прежде всего, каковы будут соотношения давлений в столбе ртути внутри трубки барометра. У основания столба ртути давление равно атмосферному; чем выше поднимаемся мы внутри барометрической трубки, тем давление становится меньше, и наконец на свободной поверхности ртути давление практически равно нулю.

Не всегда, однако, при наполнении барометра ртуть сразу падает до надлежащего уровня. Если поднимать наполненную ртутью трубку медленно и осторожно, ртуть не отрывается от стекла, и трубка остается сплошь заполненной. Еще Ньютон (Newton, 1721) описывал случаи, когда ртуть при этом не падала в трубках высотой 150—180 см. Очевидно, в этих случаях уже не атмосферное давление поддерживало столб ртути, ибо такая высота столба в 2—2½ раза превышает атмосферное давление. Удерживается в этом случае ртуть силами сцепления со стеклом, равно как сцеплением отдельных частичек ртути друг с другом. Посмотрим, каковы же будут соотношения давлений в барометрической трубке в этом случае. Опять-таки внизу, на уровне ртути в наружной чашке, давление внутри трубки будет равно атмосферному давлению; с поднятием вверх давление будет падать и на высоте около 76 см оно сделается равным нулю. Каково же будет давление в столбе ртути еще выше? Оно очевидно будет меньше нуля, т. е. будет отрицательным: столб ртути, ничем не поддерживаемый снизу, висит в трубке, будучи удерживаем силами сцепления, причем он не только не сжат внешними силами, но растянут собственным весом. Таким образом жидкость, находящаяся под отрицательным давлением,—это жидкость, растянутая собственным весом или какими-либо иными силами.

М. Бертоло еще в 1850 году¹ установил, что вода, сильно заполняющая запаянную стеклянную трубку, при некотором охлаждении продолжает ее выполнять, не отрываясь от стекла. Имея в виду, что объем воды при охлаждении уменьшается сильнее, чем объем стеклянной трубки, необходимо прийти к выводу, что вода в этих условиях будет растянута в сосуде. Бертоло наблюдал при этих опытах растяжение воды на 1/420 (0,24% первоначального объема), что соответствует отрицательному давлению в 50 ат.

Диксон (1897) построил прибор, который дает возможность очень легко убедиться в том, что благодаря силам сцепления небольшой столб воды может висеть в эвакуированной трубке, не отрываясь от стекла.

Этого рода факты создали базис для построения когезионной теории передвижения сырого сока по растению.—первой теории, которая, не расходясь с законами физики и не апеллируя к загадочным проявлениям жизнедеятельности клетки, дает удовлетворительное объяснение поднятию воды до вершины высоких деревьев².

Для когезионной теории, и вообще для современного учения о передвижении воды по растению, вопрос о сосущей силе, о ее природе, величине и способах определения этой величины приобретает весьма существенное значение.

Смутные представления о сосущей силе растений свойственны были ботанической науке уже в весьма отдаленные времена (напр.

¹ См. Диксон, 1910, стр. 34—50.

² В зачаточном виде эту теорию мы находим уже у Гелса. (Hallss, 1731). Цитируя Ньютона по поводу упомянутых выше опытов с барометрическими трубками, заполненными сплошь ртутью и удерживающими ее благодаря силам сцепления на высоте 150—180 см, Гелс указывает, что те же силы дают возможность растению поднимать воду по сосудам: „By the same principle it is, that plants imbibe moisture so vigorously up their capillary vessels; which moisture, as it is carried off in perspiration thereby gives the sap vessels liberty to be almost continually attracting of fresh supplies. Бэм дает уже значительно более отчетливый абрис когезионной теории и, наконец, Диксон и Джолли (Dixon and Jolly 1894) придали этой теории ее современную формулировку.

«Bivula natura» Andrea Caesalpino (1583), но современные представления о сосущей силе могли развиваться только на почве учения об осмотическом давлении и осмотических свойствах клетки.

Один из творцов этого учения Гуго де-Фриз (H. de Vries, 1884) дал впервые отчетливое определение сосущей силы. **Сосущая сила ткани равна осмотическому давлению клеточного сока минус тургорное давление.** Таково даваемое им определение сосущей силе в переводе на язык современных терминов. Сам де-Фриз пользуется несколько иной терминологией. Сосущую силу он называет здесь «водопритягивающей силой» («Wasseranziehend Kraft»), осмотическое давление «тургорной силой» и тургорное давление заменяет равновеликой ему силой эластического растяжения клеточных оболочек¹.

Пфеффер (Pfeffer, 1893), который подходит к вопросу о сосущей силе с энергетической точки зрения, подчеркивает, что явление сводится к созданию определенного потенциала энергии, который способен обусловить передвижение воды по растению или произвести какую-либо иную работу. По сути дела взгляды Пфеффера на сосущую силу не отличаются от взглядов де-Фриза. На той же точке зрения стоят Реннер¹ (Renner, 1915), Уршпрунг и Блюм (Ursprung und Blum, 1916) и другие современные исследователи.

Каковы же методы измерения сосущей силы?

Де-Фриз, отмечая, что точные измерения сосущей силы обещают дать результаты, имеющие большое значение для физиологии растений, намечает и путь, которым сосущая сила может быть определена: «чтобы измерить сосущую силу транспирирующих листьев», пишет он, «достаточно определить концентрацию тех растворов селитры, в которых исследуемые листья не обнаруживают ни увеличения, ни уменьшения своих размеров» (стр. 561). Этим методом сам он, по видимому, не работал, но весьма интересно, что по пути в целях нахождения изотонических коэффициентов де-Фриз произвел целый ряд тщательных определений сосущей силы. Правда, эти определения были сделаны не на неповрежденном растении, а на расщепленных стеблях в зоне их энергичного роста, но это не уменьшает того большого интереса, который представляют эти первые определения сосущей силы.

Примененный де-Фризом метод сводится к следующему: если верхушку побега какого-либо быстро растущего растения расщепить вдоль, то тотчас обе половинки искривятся благодаря тому, что сердцевина удлиняется, а эпидермис укорачивается. Если поместить такие расщепленные стебли в воду или в какой-либо раствор с меньшей сосущей силой, чем у данного побега, то степень искривления его увеличится; напротив, если сосущая сила раствора превышает сосущую силу побега, степень искривления его уменьшится. Соответственно этому можно подобрать такую концентрацию раствора, при которой степень искривления расщепленного побега не будет ни увеличиваться, ни уменьшаться. Сосущая сила этого раствора бу-

¹ В своей работе 1911 года Реннер сосущей силой называет «разность между атмосферным давлением, которое обыкновенно господствует и на поверхности среза, и давлением в проводящих путях листовой поверхности» (стр. 197). «Сосущая сила равна нулю, когда внутри растения господствует атмосферное давление» (стр. 198). В этом случае Реннер имеет в виду совершенно не то, что сам он называет сосущей силой в дальнейшем, когда он становится полностью на точку зрения де-Фриза.