

# АНТИГРАВИТАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ КАРАГАЧА

*Косарев А.В.*, д.т.н., г. Оренбург

## **Аннотация**

В статье рассматриваются механизмы подъёма питательных растворов растениями против сил гравитации. Анализируются принятые на сегодня представления и показывается их главный недостаток - отсутствие источника энергии для производства работы против сил гравитации. Предложен источник энергии для механизма подъёма питательных растворов. Подкачка энергии в капиллярную систему происходит за счёт градиента напряжения эфирной среды пространства.

Ключевые слова: энергия, работа, градиент, напряжение, эфир, капилляр, адгезия, поток.

## **Введение**

В процессе своей жизнедеятельности деревья поднимают питательные минеральные растворы из почвы на высоту многих десятков метров. Наблюдается и такое интересное явление: на косом срезе достаточно толстых веток карагача (и некоторых других деревьев) происходит постоянное истечение минеральных растворов в течении всего тёплого периода. Все эти процессы требуют затраты энергии на производство работы по подъёму растворов на высоту против сил гравитации. Биофизика и физиология восходящих минеральных потоков растений и деревьев хорошо изучена. Отметим, что проводящие пути для подъёма минеральных растворов состоят из мёртвых растительных клеток и следовательно здесь работает физика не живой природы. Механизмы подъёма растворов на высоту изложены в химической физике и биофизике. Однако вопрос о энергетическом обеспечении этих механизмов, как будет показано ниже, остаётся открытым.

Цель и задача данной работы - выявить источник энергии для производства работы по подъёму питательных водных растворов на многие десятки метров.

## **1. Анализ существующих представлений и механизмов подъёма питательных растворов по проводящему пучку ксилемы**

Для того чтобы доставить питательные растворы от корневых волосков до листьев на вершине дерева необходимо совершить значительную работу против сил гравитации. Высота, на которую поднимается объёмный поток, порой превышает сотню метров. Возникает вопрос о механизме перемещения объёмного потока по стволу или стеблю. Физически возможны два способа формирования объёмного потока: обеспечение перепада давлений методом разрежения (всаса) или методом нагнетания (напора). Однако оба способа имеют ограничения по высоте подъёма водного раствора. Всас не может одноактно обеспечить подъём на высоту более 10-и метров. При большей высоте происходит разрыв столба жидкости под действием сил тяжести и поток нарушается, так как атмосферное давление обеспечивает подъём только на высоту около 10-ти метров. Чтобы способом нагнетания поднять столб водного раствора на высоту более ста метров необходимо в корневой системе создать давление более 10-ти атмосфер. Это без учёта гидравлического сопротивления, с учётом же гидравлического сопротивления объёмного потока - до 40-ка атмосфер (по данным [12]). Таких давлений в растительном мире не наблюдалось. Обеспечить подъём на большую высоту обоими способами физически возможно только за счёт последовательного ступенчатого подъёма, обеспечивая на каждой ступени одинаковое (близкое к атмосферному) давление.

Авторы [12] отмечают: “Любая теория, объясняющая транспорт воды по ксилеме, не может не учитывать следующие наблюдения:

1. Анатомические элементы ксилемы – тонкие мёртвые трубки, диаметр которых варьирует от 0,01 мм в “летней” древесине до 0,2 мм в “весенней” древесине.
2. Большие количества воды движутся по ксилеме с относительно высокой скоростью: у высоких деревьев она составляет до 8 м/час (2,2 мм/сек),...

3. Для подъёма воды по таким трубкам к вершине высокого дерева необходимо давление порядка 4000 кПа (40 атм., прим. авт.). Самые высокие деревья – секвойи в Калифорнии и эвкалипты в Австралии – достигают высоты более 100 м. Вода способна подниматься по тонким смачивающимся трубкам благодаря своему высокому поверхностному натяжению (это явление называется капиллярностью), однако только за счёт этих сил даже по самым тончайшим сосудам ксилемы вода не поднимается выше 3-х метров”.

Экспериментально установлено, что в растительном мире объёмный поток обеспечивается методом всаса. “Доказательством того, что жидкость внутри ксилемных сосудов сильно напряжена (растянута), служат суточные колебания диаметра древесных стволов, измеряемые инструментом под названием дендрограф. Минимальный диаметр отмечен днём, когда интенсивность транспирации наивысшая. Натяжение столба воды в ксилемном сосуде немного втягивает его стенки (из-за адгезии), и сочетание этих микроскопических сжатий даёт фиксируемую прибором общую “усадку” ствола.” [12].

### 1.1. Особенности ксилемной адгезии

Если вода за счёт капиллярности не поднимается выше 3-х метров, то, что же поднимает её по сосудам ксилемы на высоту более 100 метров?

На столб жидкости, находящийся в капилляре, действуют две внешние силы - сила гравитации и силы адгезии (силы сцепления между молекулами жидкости и стенки капилляра), и внутренняя сила сцепления молекул жидкости между собой (силы когезии). Соотношение этих сил и определяет поведение и характеристики капиллярного столба. Выпишем аналитические зависимости, определяющие соотношение этих сил. Для того чтобы капиллярный столб жидкости достиг определённой высоты необходимо равенство сил тяжести и сил адгезии между жидкостью и капиллярной стенкой, соответствующих этой высоте.

$$P = mg = \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g ; (1) \quad F_{\text{адг}} = S_{\text{адг}} \cdot f_{\text{адг}}^{\text{уд}} = 2\pi \cdot r \cdot h \cdot f_{\text{адг}}^{\text{уд}} ; (2)$$

В (1) и (2):  $P$  - вес столба жидкости,  $m$  - масса столба жидкости,  $g$  - ускорение свободного падения,  $r$  - радиус капилляра,  $h$  - высота столба жидкости,  $\rho$  - плотность жидкости,  $F_{\text{адг}}$  - полная сила адгезии столба жидкости со стенкой капилляра,  $S_{\text{адг}}$  - площадь адгезии столба жидкости со стенкой капилляра,  $f_{\text{адг}}^{\text{уд}}$  - удельная (на единицу площади) сила адгезии столба жидкости со стенкой капилляра.

Сравнивая (1) и (2) видим, что при постоянной высоте столба жидкости, с увеличением радиуса капилляра вес растёт в квадратичной зависимости, а силы адгезии в линейной. И, наоборот, с уменьшением радиуса вес столба уменьшается обратно пропорционально квадрату радиуса, а силы адгезии обратно пропорционально первой степени радиуса. Отсюда, чем меньше радиус капилляра, тем длиннее столб жидкости, удерживаемый силами адгезии. Выше мы отмечали, что по данным [12] высота столба жидкости в сосуде ксилемы диаметром 0,01 мм, достигает 3-х метров. Казалось бы, растению выгодно иметь как можно более тонкие сосуды ксилемы, что обеспечивает большую высоту подъёма воды.

Однако здесь вступает в противоречие закон Пуазейля. Согласно этого закона объёмный расход жидкости в сосуде при заданном перепаде давлений уменьшается обратно пропорционально четвёртой степени радиуса (см. например, [2]). По данным [12] подъём воды к вершине больших деревьев по сосудам ксилемы диаметром 0,01 мм, требует для существующих объёмных расходов перепада давлений порядка 40 атмосфер. Даже незначительное уменьшение диаметра сосудов ксилемы потребует многократного увеличения и без того огромного перепада давлений. Так какой же выход нашла эволюция в процессе естественного отбора? Вернёмся к соотношениям (1) и (2). Для удержания в капилляре столба жидкости определённой высоты необходимо равенство веса столба и сил адгезии между столбом жидкости и стенкой капилляра:

$P = F_{\text{адг}}$  (3). Конечно, для строгих расчётов необходимо учитывать факт не параллельности сил в (3). Это приведёт к появлению определённого коэффициента. Но нам для уяснения механизма

усиления сил адгезии будет достаточно и равенства (3). Распишем выражение (3).

$$mg = S_{\text{адг}} \cdot f_{\text{адг}}^{\text{уд}} \quad (4). \text{ Из (4) получаем: } \frac{m}{S_{\text{адг}}} = \frac{f_{\text{адг}}^{\text{уд}}}{g} = \text{const} \quad (5).$$

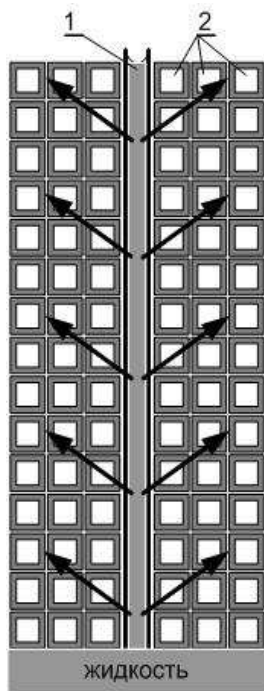


Рис.1

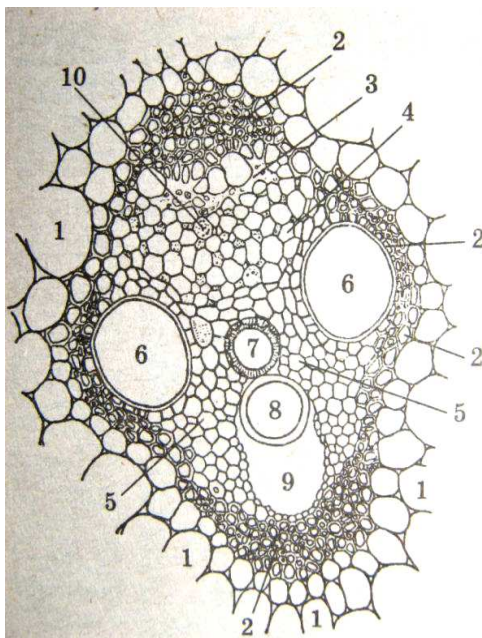


Рис.2

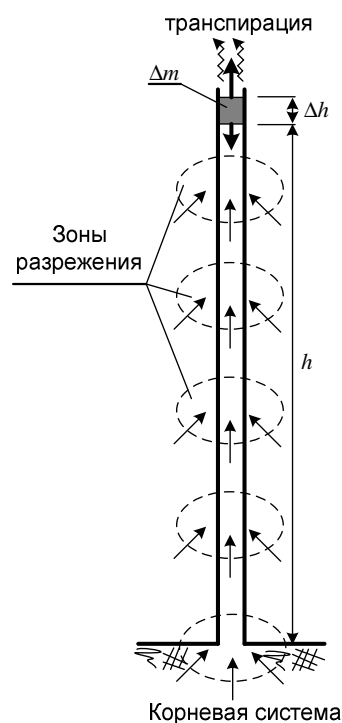


Рис.3

Из (5) следует, что отношение массы (соответственно и веса) капиллярного столба жидкости к удерживающим его силам сцепления, которые пропорциональны площади адгезии, есть величина постоянная, т.к. расположенные в правой части равенства, удельная сила сцепления и ускорение свободного падения величины постоянные для конкретных условий. Чтобы поднять раствор на большую высоту (увеличить массу столба) необходимо увеличивать силы сцепления. Выше мы показали, что достижение этого эффекта только за счёт уменьшения диаметра капилляров ограничено законом Пуазейля. Но эволюция методом естественного отбора нашла способ удовлетворить требования закона Пуазейля и использовать соотношение (5). Не уменьшая диаметр капиллярных сосудов менее 0,01 мм., морфология ксилемного пучка позволяет в десятки раз увеличить силы адгезии. Для уяснения механизма этого усиления рассмотрим рисунки - 1 и 2. На Рис. 1 вертикально изображён ксилемный сосуд – 1, окружённый по всей высоте паренхимными клетками – 2. На Рис. 2 (рисунок взят из [3], где обозначен под №3) изображено поперечное сечение ксилемного пучка. На Рис. 2 цифрами 6, 7 и 8 изображены ксилемные сосуды, цифрой 5 обозначены клетки ксилемной паренхимы, окружающие сосуды. Ксилемные сосуды, состоящие из члеников у листовенных деревьев и из трахеид у более древних хвойных пород, имеют в своих стенках огромное количество пор. Через эти поры столб жидкости в сосуде смачивает клеточные стенки паренхимы, что многократно увеличивает площадь, а, следовательно, и силы адгезии. Необходимо отметить, что клеточные стенки состоят в основном из целлюлозных микрофибрил, обладающими огромной суммарной площадью, с которыми и связываются силами адгезии молекулы воды. Многочисленные водные нити, проходящие через поры от капиллярного столба жидкости, внутри себя связаны силами когезии, а со стенками клеток паренхимы связаны силами адгезии. В совокупности с большим количеством клеток паренхимы это создаёт огромные силы сцепления и согласно (5) позволяет удерживать в подвешенном состоянии большие массы воды, которые при малом диаметре сосудов,

поднимаются на большую высоту. На Рис. 1 жирными стрелками условно обозначены силы сцепления между водным столбом сосуда и клеточными стенками окружающей сосуд паренхимы.

Но силы адгезии не способны обеспечивать объёмный расход. Они лишь обеспечивают поднятие столба жидкости до равновесного состояния, определяемого соотношением (3) и удерживать его на соответствующей высоте.

## 1.2. Роль транспирации

Процесс транспирации, процесс испарения влаги с поверхности растений в атмосферу связан с закономерностями, описывающими состояние влажного воздуха. Важнейшими термодинамическими характеристиками окружающего воздуха, самым непосредственным образом влияющими на интенсивность транспирации, являются степень сухости и температура. Чем суше воздух и выше его температура, тем интенсивнее транспирация. Абсолютная влажность воздуха определяется количеством влаги (пара), содержащимся в единице объёма воздуха. Определённой температуре и абсолютной влажности соответствует своё парциальное давление паров влаги. Для каждой температуры имеется максимально возможное парциальное давление, максимально возможная влажность воздуха, при которых прекращается дальнейшее насыщение воздуха парами влаги и прекращается транспирация. Это состояние называется точкой росы. Относительная влажность или степень сухости, определяются как отношение абсолютной влажности к максимально возможной влажности при данной температуре (или отношение парциального давления паров влаги к максимально возможному парциальному давлению). На практике степень сухости определяется с помощью психрометров по температурам сухого и влажного термометров. При состоянии точки росы относительная влажность составляет 100%. При снижении температуры, снижается максимально возможное парциальное давление и точка росы наступает уже при малой абсолютной влажности. По этой причине в осенний период транспирация и питание растений прекращается, а в весенний период, с подъёмом температуры выше точки росы питание возобновляется.

Биологические организмы являются исключительно сложными структурами, в которых протекают одновременно и взаимозависимо множество биохимических и биофизических процессов. Эти процессы в определённых ситуациях усиливают друг друга, в других взаимно гасят. При этом зависимости чаще всего носят наиболее сложный нелинейный характер. В совокупности это представляет большие трудности при количественном описании. Автор не претендует на количественную точность и конкретную приложимость описания. Мы ставим задачу выявления биофизических зависимостей формирующих водоподъёмные свойства в ксилеме.

Математическую модель составим применительно к одному капилляру ксилемного пучка. Определим массовый расход воды, испарившейся с поверхности листьев, питающихся с одного общего сосуда ксилемного пучка. Методика расчёта взята из [9]. Расход тепла  $Q_1$ , пошедшего на испарение влаги с поверхности листьев, находится их уравнения:  $Q_1 = G \cdot r$ , *вт.* (6) где:  $G$ , *кг/сек* - массовый расход испарившейся влаги с поверхности листьев, питающихся с одного общего сосуда ксилемного пучка;  $r$ , *дж/кг* – скрытая теплота парообразования, определяется по таблицам теплофизических свойств воды и водяного пара.

Одновременно вследствие разности температур окружающего воздуха и поверхности листьев, охлаждающихся в результате испарения влаги, листьям передаётся от воздуха расход тепла  $Q_2$ .  $Q_2 = \alpha \cdot F(t' - t'')$ , *вт.* (7) где:  $\alpha$ , *вт/(м<sup>2</sup>·град)* – коэффициент теплоотдачи;  $F$ , *м<sup>2</sup>* - площадь поверхности листьев, питающихся с одного общего сосуда ксилемного пучка;  $t'$ , - температура окружающего воздуха;  $t''$  - температура поверхности листьев.

В первом приближении разность температур между окружающим воздухом и поверхностью листьев можно брать как разность температур между сухим и влажным термометрами психрометра.

При достижении равновесия между потерей и притоком тепла будет справедливо равенство между (6) и (7).

$$Q_1 = Q_2 \text{ или } G \cdot r = \alpha \cdot F(t' - t'') \quad (8)$$

Искомую величину массового расхода воды, приходящегося на один ксилемный сосуд определим из (8).

$$G = \frac{\alpha \cdot F(t' - t'')}{r}, \text{ кг/сек} \quad (9)$$

К чему приводит расход воды на испарение из капиллярных сосудов ксилемы? Это приводит к понижению уровня воды в капиллярах и как следствие возникают силы Лапласа, тянущие ксилемный столб жидкости вверх, совершая работу против сил гравитации. Остаётся вопрос, как достаточно слабые силы Лапласа поднимают 100 метровый столб жидкости, преодолевая при этом ещё и силы адгезии по всему столбу?

Транспирация многими авторами отмечается как вредное для растений явление. Как видим это не так, транспирация обеспечивает процесс подъёма раствора по ксилеме, так как нарушает равновесие между весом столба жидкости и силами Лапласа.

### 1.3. *Возникновения объёмного потока за счёт волны разрежения*

Возможный механизм возникновения объёмного потока изображён на рисунке -3 и представляется следующим образом. В результате транспирации из ксилемного сосуда испаряется некоторая масса жидкости (обозначенная на Рис. -3 как  $\Delta m$ ), определяемая из выражения (9). Столб жидкости опускается ниже равновесного уровня на величину  $\Delta h$  (см. Рис. -3), что порождает силы Лапласа. В данной ситуации верхняя часть столба жидкости оказывается под воздействием 3-х внешних разнонаправленных сил, что вызывает локальное растяжение. Это силы адгезии, притягивающие жидкость к стенкам капилляра и через водные нити, проходящие через многочисленные поры, к клеточным стенкам ксилемной паренхимы. Силы Лапласа, которые тянут вверх капиллярный столб, а вместе с ним через водные нити, проходящие через поры, и жидкость, запасённую в целлюлозных стенках паренхимы. И, наконец, силы гравитации, которые тянут жидкость в капиллярном столбе и окружающей паренхиме, вниз. Под воздействием этих трёх сил производится работа против внутренних сил когезии и в растянутой зоне накапливается потенциальная энергия неравновесности и неравновесность по давлению между зоной растяжения и окружающей областью. Из трёх внешних сил активной является сила Лапласа. Именно она производит работу растяжения, запускает своеобразный вакуумный насос. Перепад давления в соответствии с законом Пуазейля вызывает объёмный поток жидкости из окружающей области в зону растяжения. Так как над возникшей зоной растяжения, сверху под воздействием транспирации и сил Лапласа формируется новая зона растяжения, то основной приток жидкости возможен только снизу. Этот приток осуществляется из ниже лежащей области капилляра и через поры из окружающей паренхимы. Зона растяжения паренхимы апопластным путём заполняется из нижележащих слоёв паренхимных клеток. В результате такого перетока жидкости зона растяжения опускается ниже, так как сверху благодаря транспирации формируются всё новые и новые зоны растяжения. Волны растяжения непрерывно бегут от устьиц листьев к волоскам корней деревьев.

Чем интенсивней транспирация, тем интенсивнее формируются и опускаются волны разрежения, обеспечивая восходящий объёмный поток питательных растворов.

Запишем аналитическую зависимость между массовым расходом (следовательно и энергетической мощностью транспирации), работой сил Лапласа и частотой волны разрежения, обеспечивающих объёмный поток в ксилемном пучке.

Для конкретного капилляра величина силы Лапласа определяется краевым углом и есть величина постоянная. Краевой угол зависит от диаметра капилляра, материала стенки и рода жидкости. [11, Т.2]. Сила Лапласа должна совершить работу по поднятию всего столба жидкости на величину  $\Delta h$  (испарившаяся часть столба жидкости) или, тоже самое, совершить работу по

поднятию массы  $\Delta m$ , вместо испарившейся из капилляра, на высоту  $h$  (см. Рис. -3). Причём производить эту работу с такой скоростью (соответствующей мощностью), чтобы обеспечить массовую мощность транспирации определяемую из (9). Запишем работу, производимую силой Лапласа:

$$A = F_{\text{л}} \cdot h = \Delta m \cdot g \cdot h, \text{ дж.} \quad (10)$$

где:  $A$  - работа;  $F_{\text{л}}$  - сила Лапласа;  $h$  - высота подъёма влаги от волосков корней до листьев;  $\Delta m$  - масса испарившейся жидкости;  $g$  - ускорение свободного падения.

Из (10) определяем величину массы жидкости  $\Delta m$ , которую сила Лапласа способна поднять на требуемую высоту. Если разделить массовый расход транспирации из (9) на величину массы, которую способна поднять сила Лапласа, мы получим количество зон растяжения, которые ежесекундно формируются силой Лапласа для обеспечения массового расхода транспирации. Чем больше мощность транспирации, тем выше частота волн разрежения, а, следовательно, и мощность объёмного потока. Действует своеобразная транспирационная помпа.

Реализованный эволюцией механизм подъёма, с одной стороны резко увеличивает условное проходное сечение для объёмного потока (так как сечение потока во внутрь зоны растяжения примерно равно половине площади условной поверхности охватывающей всю зону растяжения, на Рис.-3 – замкнутые пунктирные линии). С другой, на порядки снижается длина канала (от периферии зоны растяжения к её центру, вместо длины всего капилляра). Вместе это резко снижает гидравлическое сопротивление на пути потока (диссипативный порог рассеяния потоков энергии [5]). Это в свою очередь резко снижает необходимые перепады давления. Во-вторых, многочисленные зоны растяжения, перемежаемые с окружающими их областями нормального давления, не позволяют в подвешенном силами адгезии столбе жидкости, превысить силы когезии (силы внутреннего сцепления) и тем самым разорвать объёмный поток.

В настоящее время для транспортировки жидкости в растениях рассматривают апопластный, семипластный и вауколярный пути. Выше мы показали, что апопластный путь имеет место во взаимосвязи с гидродинамическим потоком по сосудам ксилемы. Причём главную роль апопластный путь (стенки ксилемной паренхимы) играет для значительного (на порядки) увеличения сил адгезии. Сколько-нибудь заметная роль семипластного и вауколярного пути у автора вызывает сомнение. Эти пути важны для обмена, обеспечивающего метаболизм в клетке. Осмос также не способен обеспечить мощные транспортные потоки жидкости. Конечно значение осмоса нельзя не дооценивать. Но осмос выполняет скорее защитные функции. Закрытие устьиц за счёт явления осмоса предотвращает обезвоживание и гибель растений при длительной засухе.

Динамика подъёма питательных растворов в растительном мире соответствует универсальной динамике неравновесных диссипативных систем. [6]).

#### 1.4. *Проблема энергообеспечения восходящего потока жидкости*

В процессе эволюции у растений сформировались два типа проводящей ткани, осуществляющих проведение воды и питательных веществ в теле растения - ксилема и флоэма. “По ксилеме (древесине) осуществляется восходящий ток: перемещение воды и растворённых в ней минеральных веществ из корня ко всем органам растений. ... Нисходящий ток растворённых органических веществ, поступающих от листьев, осуществляет флоэма”. [3]. Нас интересует восходящий поток ксилемы, который поднимает питательные растворы от корней до вершины дерева на несколько десятков метров. И главное - энергетическое обеспечение подъёма раствора по ксилеме против сил гравитации на протяжении всей жизни растения. “Ксилема - сложная ткань, состоящая из собственно проводящих элементов (сосудов или трахеид), определяющих характер ткани, а также из клеток, выполняющих механическую и запасающую функции. Трахеиды - мёртвые, ... клетки с ненарушенными первичными стенками. Через эти стенки (в окаймлённых порах) путём фильтрации происходит проникновение воды из одной трахеиды в другую. Первичная оболочка трахеиды утолщается и одревесневает, неутолщёнными остаются лишь многочисленные поры. ... Наиболее совершенна проводящая система у цветковых растений. У них ксилема представлена более совершенными водопроводящими элементами - сосудами.

Сосуд состоит из ряда члеников, в поперечных стенках которых образуются отверстия. Благодаря им осуществляется беспрепятственное движение растворов по длинной и узкой капиллярной трубке сосуда. Оболочки сосудов как и трахеид, неравномерно утолщены и пропитаны легнином. Утолщения придают сосудам механическую прочность. Через неутолщённые участки сосудов (поры) растворы могут поступать и в горизонтальном направлении в соседние сосуды и клетки паренхимы". [3]. Для нас наиболее важным из приведённой характеристики ксилемы является во-первых то, что ксилема состоит из мёртвых клеток. Это означает, что в ксилеме не действуют биологические механизмы активного транспорта. Во-вторых, ксилемный пучок состоит из непрерывных капиллярных трубок с многочисленными порами в стенках капилляров, по которым раствор растекается в горизонтальном направлении.

Теперь рассмотрим принятые на сегодня механизмы перемещения водных минеральных растворов в целом растении против сил гравитации и силы обеспечивающие функционирование этих механизмов. [1, 11]. В основу современной модели транспорта воды в целом растении положена теория когезии и натяжения. Основные положения теории когезии и натяжения сформулированы в [1] следующим образом.

- 1). За счёт водородных связей между молекулами воды возникают большие силы сцепления (когезии). В связи с этим вода может *подвергаться натяжению величиной от десятков до нескольких сот МПа*, прежде чем столб воды, находящийся в капилляре, в частности в сосуде ксилемы, разрушится.
- 2). Вода в растении формирует непрерывную водную систему, идущую от почвы к поглощающей поверхности корня и далее через корень и стебель к испаряющей поверхности листьев. За некоторым исключением, ток воды в этой непрерывной системе является гидравлическим по происхождению, и система может быть описана как цепь сопротивлений, размещённых последовательно и параллельно.
- 3). Испарение воды листьями приводит к снижению их водного потенциала и тем самым заставляет воду двигаться из ксилемы к испаряющим клеткам листьев.
- 4). Вдоль *транспирирующего растения* устанавливается градиент давления. Это является причиной тока воды.

Из перечисленных в [1] основных положений теории когезии и натяжения вызывают сомнения выводы о том, что во-первых, силы когезии обеспечивают растяжение воды до нескольких сот МПа, прежде чем столб воды, находящийся в капилляре, в частности в сосуде ксилемы, разрушится. Из молекулярной физики и термодинамики известно, что силы когезии обеспечивают растяжение до 0,1 МПа до наступления разрыва сплошности. Во-вторых, вызывает сомнение, что транспирация является причиной тока воды по ксилеме. "Когда транспирация прекращается или ослабевает, что происходит ночью или при высокой влажности воздуха, гидростатическое давление в ксилеме падает до значений, близких к 0". [1]. Гидростатическое давление практически не зависит от транспирации, так как вызвано высотой столба жидкости. Известно также истечение минерального раствора ксилемы из косога среза карагача, которое наблюдается и в периоды, когда транспирация отсутствует по погодным условиям.

В тоже время в [1] отмечается, что "В сосудах ксилемы (капиллярах) адгезия воды к клеточной стенке и смачивание стенок водой приводят к капиллярным явлениям. Они возможны тогда, когда диаметр капилляров соизмерим с радиусом кривизны поверхности жидкости в них, что характерно для ксилемных элементов и клеточной стенки. Кривизна поверхности, возникающая благодаря адгезии жидкости к стенке, приводит к изменению свойств её поверхностного слоя. ... В зависимости от свойств поверхности капилляра (угла смачивания) давление жидкости в нём может быть больше или меньше атмосферного. Возникающий градиент давления между жидкой и газовой фазами в капилляре выражается уравнением Лапласа". Как видим природа сил Лапласа ни как не связана с транспирацией. Транспирация лишь способствует проявлению сил Лапласа, выводя их из состояния равновесия.

## 2. Источник энергии в механизме подъёма питательных растворов

В принятом сегодня механизме восходящего потока в ксилеме против сил гравитации возникает сомнение в соблюдении закона сохранения и превращения энергии. В качестве сил, производящих работу против гравитации, выступают капиллярные силы Лапласа. Атмосферное тепло вызывает транспирацию (испарение) влаги с поверхности листьев. Это снижает высоту столба в капилляре, и силы Лапласа восстанавливают высоту, подтягивая воду от корневой системы. Но откуда берётся энергия на производство работы по подъёму столба жидкости? Тепловая энергия тратится на испарение, на элементарную работу против сил когезии по отрыву молекулы. В конце концов можно обойтись и без транспирации, а микро сосудом вычерпывать воду из капилляра на высоте 100 метров над уровнем Земли, а силы Лапласа будут подводить новую порцию воды. Этот эффект можно повсеместно наблюдать на косом срезе карагача (см., например, Википедия). На косом срезе наблюдается постоянное и непрерывное истечение жидкости. Стекает капля за каплей под действием силы гравитации на косом срезе и происходит это всё тёплое время из года в год. Тот же вопрос. Откуда берётся энергия, постоянно порождающая силы Лапласа, производящие работу по подъёму питательного раствора к поверхности косого среза? Силы Лапласа (силы адгезии между молекулами воды и молекулами стенки капилляра) это силы электромагнитной природы. Значит, на работу этих сил затрачивается потенциальная энергия электромагнитного поля, градиент которой и порождает силы Лапласа. Если истечение происходит постоянно, то происходит постоянная затрата потенциальной энергии электромагнитного поля на производство работы. Отсюда величина потенциала электромагнитного поля должна постоянно подпитываться, постоянно восстанавливаться. В противном случае процесс истечения в косом срезе прекратится.

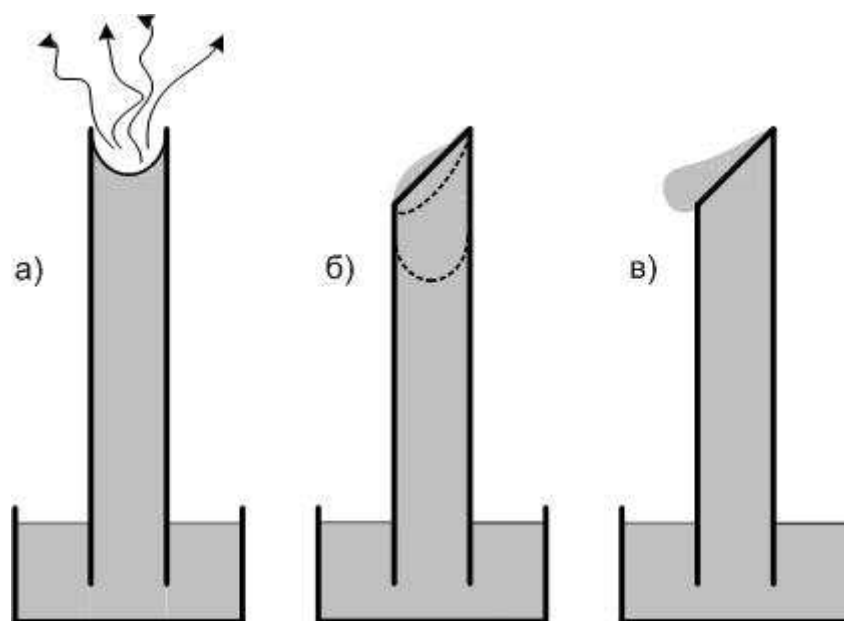


Рис. 4

На рисунке -4 схематически изображены процессы действия сил в капилляре. На рисунке -4а) изображён капилляр в котором уровень жидкости снижается за счёт испарения. На рисунках -4 б) и в) изображена ситуация на косом срезе. По капилляру с косым срезом (Рис. 4б) столб жидкости поднимается с характерным симметричным мениском как и на Рис. 4а. На Рис. 4б нижняя пунктирная линия. Затем, когда столб жидкости достигнет косого среза, мениск искажается. На Рис. 4б верхняя пунктирная линия. Это связано с тем, что с левой стороны силы Лапласа прекратили своё действие вверх, а справа стенка ещё подтягивает жидкость. На деформированном мениске возник градиент потенциала сил гравитации по сторонам мениска. Это приводит к тому, что этот градиент совместно с силами когезии стягивает молекулы воды к левому краю мениска и здесь начинает формироваться капля. Капля, достигнув объёма, при котором силы гравитации



превысят силы когезии, стекает под действием сил гравитации вниз (Рис. 4в). После отрыва процесс вновь повторяется. Необходимо ответить на вопрос откуда берётся энергия восстанавливающая израсходованную на производство работы потенциальную энергию электромагнитного поля?

### 2.1. Источник энергии и его обоснование на основе ОТО

Снять противоречие между истечением растворов из косога среза карагача и основным законом физики представляется возможным, опираясь на общую теорию относительности. В основу ОТО А.Эйнштейн положил идею о том, что энергия (масса), сосредоточенная в определённой области пространства, вызывает искривление пространства данной области. Общий смысл идеи заключается в том, что "геометрия пространства событий тесно связана с распределением и перемещением энергии-импульса". [10]. Математически это выражается уравнением, связывающим поле тензора энергии-импульса с полем тензора кривизны в данной области пространства. Отметим, что основным свойством присущим материи является движение. Из этого следует, что уравнение, связывающее распределение энергии-импульса в данной области и искривление пространства в данной области является не статическим, а динамическим. Как пишет автор [10]: "распределение и движение масс в физическом пространстве отражаются определённым образом на псевдоримановой геометрии пространства событий". Но отсюда вытекает и другое утверждение. Если между данной областью искривлённого пространства и окружающим эту локальную область пространством нарушается имеющее место установившееся динамическое равновесие, то это порождает дополнительные потоки энергии (массы), восстанавливающие динамическое равновесие. Что это означает в случае истечения из косога среза карагача? Когда с косога среза стекает капля жидкости, то из данной локальной области отводится энергия и уменьшается искривление пространства в этой локальной области. Тем самым нарушается существовавшее динамическое равновесие с окружающим пространством. Это вызывает дополнительные потоки энергии в локальную область из окружающего пространства и динамическое равновесие (и потенциал) восстанавливается.

На косога срезе наблюдается постоянное и непрерывное истечение жидкости. Отрывается капля под действием силы гравитации на косога срезе. Силы Лапласа (силы адгезии между молекулами воды и молекулами стенки капилляра), производящие работу по подъёму питательного раствора к поверхности косога среза это силы электромагнитной природы. Значит, на работу этих сил затрачивается потенциальная энергия электромагнитного поля. Если истечение происходит постоянно, то значит величина сил и потенциала электромагнитного поля должны постоянно подпитываться, постоянно восстанавливаться. В противном случае процесс истечения в косога срезе прекратится.

### 2.2. Источник энергии и его обоснование на основе эфира

К настоящему времени нет единого представления о структуре и свойствах эфира как среды заполняющей пространство. Однако практически все гипотезы об свойствах эфира наделяют его упругими свойствами. Это позволяет объяснить волновой характер материи, возникновение сил и потенциальных полей, взаимодействие между материальными телами. Нами эфир и материя понимаются как единая сущность. При этом эфир самостоятельная и первичная сущность, а материя сущность вторичная. Материя - это возбуждённые состояния эфира в форме устойчивых во времени и локализованных в пространстве эфирных вихрей. Идея эфирных вихрей (элементарных структур материи) наиболее общепринята на сегодня среди исследователей развивающих эфирные представления. [7].

Эфир в целом неподвижен как среда в макроскопических масштабах. Локальные области эфира могут совершать колебательные движения возле точки равновесия данной локальной области, как линейные так и кручения. При этом колебательные процессы распространяются в среде эфира в форме бегущих волн. Бегущие волны вызывают потоки деформации и напряжения среды, которые материализуются в форме потоков энергии. Напряжения среды вызываются двумя видами деформации эфира: деформацией кривизны и деформацией кручения. Поля

деформации вызывают поля потенциала сил напряжения. Градиенты полей напряжения порождают силы и потоки энергии и массы. В пространстве устанавливаются динамические потоки соответствующие градиентам. Если градиенты по каким-либо причинам изменяются, то это вызывает изменение потоков, стремящееся восстановить прежнее состояние. Это и наблюдается на косом срезе карагача. Как видно идеи ОТО хорошо вписываются в представления об эфире.

Известный принцип Ле Шателье гласит: если на систему, находящуюся в устойчивом равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия, то в системе усиливаются процессы, направленные в сторону противодействия изменениям. Принцип Ле Шателье применим к равновесию любой природы: механическому, тепловому, химическому, электрическому. Применим он и к явлению на срезе карагача.

### 2.3. Вечный двигатель второго рода второго типа

Известен (хотя и запрещён официальной наукой) вечный двигатель второго рода (ВДВР) или идеальная тепловая машина. Для производства неограниченного количества полезной человеку работы требуется тепловой резервуар с конечным количеством тепловой энергии. Необходимым условием работы ВДВР является требование искусственного создания градиента потенциальной энергии для порождения движущей силы производящей полезную работу. [6]. В процессе производства работы энергия потоков вновь превращается в тепло. И всё повторяется.

Идеальная тепловая машина, назовём её вечным двигателем второго рода первого типа (ВДВР-1), лишь обещает производство неограниченного количества полезной человеку работы. До сих пор эта идея является только интеллектуальным замыслом не имеющим реального воплощения. Напротив, явление наблюдаемое на косом срезе карагача - это реальное явление по подъёму раствора по пучку ксилемы на высоту в десятки метров. Запасается потенциальная энергия, возникает градиент потенциала по высоте. При стекании раствора вниз, запасённая потенциальная энергия может производить полезную работу. Эти процессы протекают непрерывно и самопроизвольно. Всё соответствует качествам вечного двигателя второго рода. Назовём его вечным двигателем второго рода второго типа (ВДВР-2). Косой срез карагача - это прообраз для технической реализации вечного двигателя второго рода второго типа.

### Заключение

В физиологии растений установлено, что движение питательных растворов по ксилеме против сил гравитации имеет не биологическую природу. Механизмы подъёма растворов на высоту изложены в химической физике и биофизике. Однако вопрос об энергетическом обеспечении этих механизмов не изучен. Анализ явления постоянного истечения раствора на косом срезе карагача показывает, что природа этого явления связана с возникновением локальной неравновесности среды эфира в области среза по отношению к окружающему пространству. Это порождает движущие силы и обеспечивает подпитку энергии для производства работы против сил гравитации.

Косой срез карагача - это прообраз для технической реализации вечного двигателя второго рода второго типа на основе неравновесности эфирной среды (неравновесности физических полей).

### Литература

1. Алёхина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений. - М.: Издательский центр "Академия", 2007г., 640с.
2. Антонов В.Ф. Биофизика. /Антонов В.Ф. Черныш А.М., Пасечник В.И., Вознесенский С.А., Козлова Е.К.) - М.: "Владос", 2003г., 288с.
3. Каменский А.А. и др. Биология. – М.: Филол. о-во "СЛОВО": "ЭКСМО", 2003г., 640с.
4. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. – М.: "Химия", 624с.
5. Косарев А.В. Биодинамика, механизм и условия производства кооперативных потоков энергии в биологических структурах. // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – 2004, №6 – С. 93-99.

6. Косарев А.В. Динамика эволюции неравновесных диссипативных сред. Издание второе, переработанное и дополненное. - Из-во: LAP LAMBERT Academic Publishing, г. Саарбрюккен, Германия, 2013г., 354с.
7. Косарев А.В. Структура и динамика элементарных волновых процессов. // Научные труды 16-й Межвузовской Российской научной конференции “Векторная энергетика в технических, биологических и социальных системах”. Балаково, Из-во СООО “АН ВЭ”, 2015г., 33 с.
8. Косарев А.В. Векторные потоки и диссипативные структуры живой природы. - Из-во: LAMBERT Academic Publishing RU, 2017г., 341с.
9. Мурин Г.А. Теплотехнические измерения. – М.: Энергия, 1968г. – 584с.
10. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: “Едиториал УРСС”, 2006г. - 664с.
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики. – М: “Наука”, 1979г. Том 1, 519с., Том 2, 552с.
12. Тейлор Д. и др. Биология. / Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. /Пер. с англ. Ю.Л. Амченкова, М.Г. Дуниной и др.). – М.: “Мир”. Том 1, 2001г., 454с. Том 2, 2002г., 436с. Том 3, 2002г., 451с.