



## ДИСТИЛЛЯЦИЯ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУР И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ

© 2018 Н.Ф. Кулик

*Адрес: ФГБУН Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, проспект Университетский 97, г. Волгоград, 400062, Россия.  
E-mail: kuliknf@mail.ru*

*Термоградиентный перенос влаги в почвах является глобальным явлением и связан с ритмом поступления солнечного тепла на Землю. В статье рассмотрен механизм парожидкостного термоградиентного переноса влаги. Отмечен эффект прямолинейного движения пара в поровом пространстве в направлении теплового потока. Это явление обеспечивает конденсацию дистиллята почвенного раствора на корнях растений. Установлена зависимость термоградиентного переноса от температуры и величины порового пространства, влажности и засоления почвогрунтов. Отмечается важнейшее значение термоградиентного переноса пара в водном питании растений.*

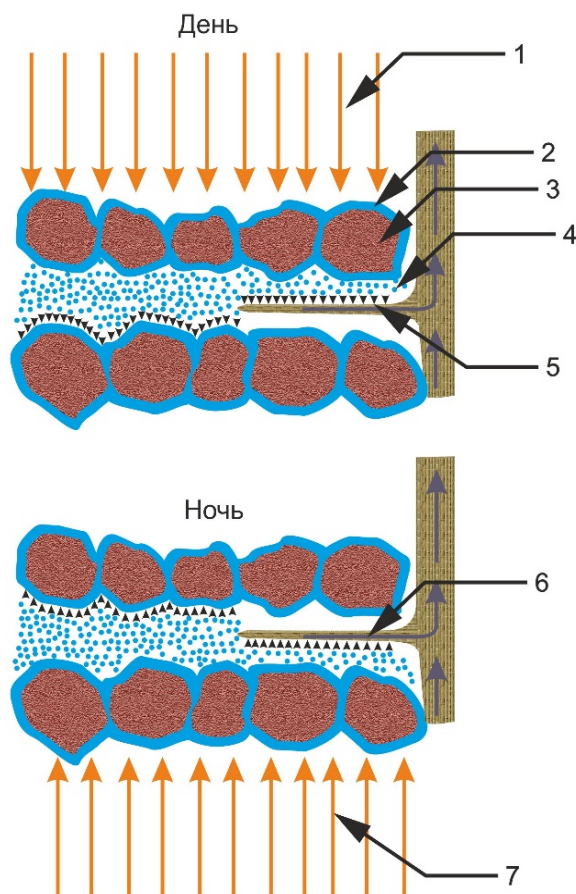
**Ключевые слова:** конденсация влаги; термоградиентный перенос влаги; парожидкостной поток; эффект прямолинейного движения пара; дистиллят почвенного раствора; водопитание растений

**Цитирование:** Кулик Н.Ф. Дистилляция почвенного раствора под действием температур и возможность его использования растениями // Почва и окружающая среда. 2018. № 1(4). С.277– 283.

Дневной прогрев почвы летом вызывает тепловой поток, достигающий глубины 40-50 см. Поток строгой вертикальной направленности проникает через все компоненты почвы: минеральную (твёрдую), воду (капиллярную, менисковую и плёночную), а также через поровое пространство, которое занимает до 50% объёма. Тепловой поток передаётся посредством молекулярной теплопроводности, лучеиспускания в поровом пространстве и влагопереносом. Механизм влагопереноса в почве вследствие разности температур впервые мы нашли в публикации В.В. Данилевского (Данилевский, 1935) и далее в публикации В.Е. Сочеванова (Сочеванов, 1938). Наиболее подробно механизм термоградиентного потока влаги описан выдающимся ученым А.М. Глобусом, который назвал его парожидкостным потоком (Глобус 1969, 1983). Сущность влагопереноса следующая: в поровом пространстве при дневном прогреве верхняя поверхность поры тёплая. Здесь происходит испарение. Нижняя часть поры холодная. Здесь происходит конденсация (рис. 1). Вследствие этого объём воды на холодной поверхности увеличивается и она перетекает на верхнюю плоскость нижней поры. Процесс испарения и конденсации повторяется. Ночью направление теплового потока меняется на противоположное (рис. 1). Тепло и влага двигаются к поверхности почвы. А.М. Глобус (Глобус, 1969) назвал этот поток парожидкостным. Мы, в свою очередь, определили в этом потоке эффект прямолинейного движения пара (Кулик, 1967, 1979, 2011). Пар, передвигающийся в поровом пространстве под действием температурных градиентов, не огибает расположенный в поре предмет, назовём его паронепроницаемым экраном, а конденсируется на его поверхности, т. к. она «холодная» по отношению к нагретой поверхности поры. В почвенной поре температура распределяется по линейной зависимости от тёплой стороны к холодной. При помощи микроэлектротермометров было установлено, что температура в середине 3-мм порового пространства была равной половине суммы температур тёплой и холодной стороны поры. При температуре тёплой стороны 19°холодной 18°в середине 3-мм порового пространства температура составила 18,5°.

При дневном прогреве в почвенной поре при наличии паронепроницаемого экрана формируется две тепловые системы: верхняя и нижняя. В верхней части процесс испарения и конденсации осуществляется в нормальном режиме. В нижней системе паронепроницаемый экран является тёплой стороной поры, но на нём снизу нет воды. Из-за отсутствия достаточного количества паробразной влаги, конденсация на нижней поверхности поры не происходит. Визуально это фиксируется в виде сухого пятна, являющегося проекцией паронепроницаемого экрана. Контур экрана размером 1-2 мм сохраняются при расстоянии между экраном и холодной поверхностью поры не более 5 мм. При увеличении расстояния контуры размываются. Отсюда возникает эффект прямолинейного движения пара в направлении теплового потока в поровом пространстве (Кулик, 1967, 1979).

Представление о том, что пар может двигаться в почве извилистыми путями не имеет под собой физического основания. «Извилистый путь» лежит не в изотермическом пространстве, а находится в зоне тепловой волны и имеет тёплую поверхность и холодную, где возникает закономерный перенос с тёплой стороны на холодную, не более. Представление о том, что летом с нагретых пластов почвы пар по извилистым поровым ходам движется в глубину, где более холодный пласт и там конденсируется или наоборот зимой с нижних теплых горизонтов в верхние холодные минуя фазовые трансформации (пар-вода-пар) – нонсенс.



**Рисунок 1.** Схема суточного термоградиентного переноса влаги в почве. 1) Дневной поток тепла в почву; 2) плёночная, менисковая и капиллярная вода; 3) минеральная часть почвы; 4) парообразная влага; 5) плоскость конденсации; 6) корни растений и движение воды в них; 7) ночной поток тепла

Паронепроницаемым экраном могут быть корни, расположенные в почвенной поре. Во всех случаях они имеют температуру более низкую, чем тёплая сторона поры, исключая кратковременные переходы, когда происходит смена направления теплового потока суточного и сезонного. На корнях конденсируется влага и это уже дистиллят почвенного раствора. Он легко усваивается растениями.

Кроме суточных пульсационных колебаний температур в почвогрунтах существуют сезонные колебания, достигающие глубины 12-19 м. Сезонный перенос влаги фиксируется по всей глубине прогрева, однако по мере углубления он сокращается. Для определения величин сезонного переноса влаги мы использовали микроконденсометры в виде алюминиевых стаканчиков диаметром 6,1 см и высотой 9,6 см. Они наполнялись почвой ниже кромки на 8-10 мм. Почва уплотнялась для исключения высыпания при переворачивании стаканчика. Копался шурф глубиной 3,5 м. Приборчики устанавливались в нише по глубинам 50, 100, 200 и 300 см. Ниша уходила в сторону на расстояние 40-50 см. В нишу устанавливались приборчики: три открытые сверху и три открытые снизу. Вход в нишу засыпался землёй и рубероидом, после чего яма заваливалась землёй. Обычно конденсометры устанавливались с апреля до сентября и с сентября до марта. Параллельно с шурфом бурились скважины на глубину 3,5 м для послойного определения температур каждые 1-2 месяца. По этим данным строились теромизоплеты и

определялась с использованием показателей удельной теплоёмкости влажных грунтов (0,40-0,44 кал/см<sup>3</sup>), тепловая послонная динамика почвогрунта. Проведённые на Приволжских песках опыты по термоградиентному переносу влаги в период нагрева (апрель-август) показали следующее. Общее поступление тепла через слой на глубине 50 см составил 2988 кал/см<sup>2</sup> (табл. 1).

Таблица 1

Тепловая динамика почвогрунта и термоградиентный перенос влаги в период прогрева (IV-VIII) в пятилетних культурах сосны\*

Глубина, м	0,5	1,0	2,0	3,0
Конденсация парообразной влаги по глубинам, мм	5,1	3,3	2,0	1,2
Выделение теплоты при конденсации, кал/см <sup>2**</sup>	301	195	118	71
Общее поступление теплоты по глубинам, кал/см <sup>2</sup>	2988	2482	1681	1003
Процент теплоты, выделяемой при конденсации от общего потока тепла	10,1	7,8	7,0	7,1

\* В таблицах приведены представительные цифры, взятые непосредственно из опытов, но не средние. Они будут уточняться по мере совершенствования методик. В работе приняли участие сотрудники отдела А. С. Хныкин и Р. Н. Балкушкин, за что автор выражает им искреннюю благодарность

\*\*Расчётное выделение теплоты при конденсации 590 кал/см<sup>3</sup>

По мере углубления тепловой поток сокращается. На глубине 3 м он равен 1003 кал/см<sup>2</sup>. В такой же последовательности уменьшается и термоградиентный перенос влаги (с 5,1 мм до 1,2 мм). В такой же последовательности уменьшили свой вес перевёрнутые стаканчики. Участие конденсационной влаги в тепловом потоке составило примерно 10% на глубине 50 см. Глубже процент участия термоградиентного потока влаги в переносе тепла сократился, что связано с неполным прохождением теплового потока глубже 50 см. Показательная величина термоградиентного переноса влаги в почвогрунтах является 10% от общего теплового потока (Кулик, 2016).

В годовом цикле термоградиентный перенос наиболее активно выражен весной после снеготаяния, минимальный перенос фиксируется в августе и сентябре (рис. 2). Характерно что в этот период наиболее часто гибнут одно- двухлетние культуры сосны.

Имея термоизоплеты по зоне аэрации почвогрунтов довольно просто определить направление движения парожидкостного потока и его величину. В целом можно отметить, что послонный термоградиентный перенос влаги весьма невелик. Из табл. 2 видно, что в тёплый период через плоскость на глубине 1 м прошло 3,3 мм влаги, а вышло за пределы метрового слоя. В метровом слое осталось 1,3 мм, что может увеличить влажность на 0,12%. Важность термоградиентного потока для растений заключается в том, что он работает в каждой почвенной поре и при наличии корней обеспечивает их дистиллятом почвенного раствора. Примерно такое же количество влаги в зимний период возвращается вверх. На глубине постоянных температур перенос отсутствует. Это «мёртвая» зона.

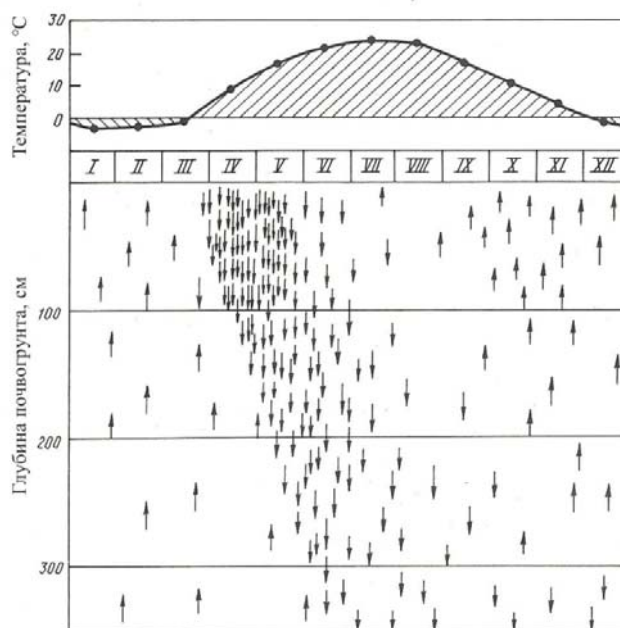


Рисунок 2. Схема сезонного парожидкостного термоградиентного переноса влаги  
Стрелки указывают направление потока и его плотность (интенсивность)

Количественные показатели термоградиентного потока влаги нами изучены путём моделирования переноса в поровом пространстве. Предполагается, что в термоградиентном потоке объём переноса воды в твёрдой части почвы такой же, как и в поровом пространстве. Моделирование порового пространства осуществлено с помощью двух горизонтально расположенных плоскостей, удалённых друг от друга в большинстве случаев на расстояние 3 мм. Площадь плоскостей была 148 см<sup>2</sup> (стеклянный цилиндр) и 49 см<sup>2</sup> (пластиковая рамка). Тепловой носитель обычно располагался в нижней части конструкции. Обычно его температура была комнатной (23-26°). Верхняя плоскость выполняла функцию холодильника. Это была типографская фольга, на которую ставилась алюминиевая ёмкость с водой, температура которой выдерживалась в пределах 19-22°. Позиция экспонировалась обычно 3 мин. После экспонирования фольга с конденсатом покрывалась точно такой же фольгой во избежание испарения и взвешивалась. Количественные показатели переноса получены в опытах, где тепловой носитель представлен: 1) почвой; 2) водой и 3) мокрой фильтровальной бумагой.

**Опыты с почвой.** В чашку Петри до самой кромки загружался песчаный грунт (НВ 6%, МГ 1,5%) с весовой влажностью от 20% до 0,2%. На чашку ставилась плоская рамка, фольга и ёмкость с водой. Почва имела комнатную температуру. Опыты с почвами показали весьма интересную особенность. Образцы с влажностью от 20% до 3% имели близкие коэффициенты термоградиентного переноса (0,00060-0,00067 см<sup>2</sup>/°С·час (табл. 2)).

**Таблица 2**

Интенсивность переноса влаги в зависимости от влажности почв при температуре 25°С, см<sup>2</sup>/°С·час

Влажность, %	20	15	10	5	3	2	1	0,5	0,3
Перенос	61·10 <sup>-5</sup>	60·10 <sup>-5</sup>	67·10 <sup>-5</sup>	63·10 <sup>-5</sup>	63·10 <sup>-5</sup>	36·10 <sup>-5</sup>	15·10 <sup>-5</sup>	3,6·10 <sup>-5</sup>	1,6·10 <sup>-5</sup>

Только при снижении влажности ниже ВЗ (2%) перенос резко уменьшался. Примерно такую же особенность мы отмечали ранее (Кулик, 1967). Здесь следует вспомнить вывод А. Ф. Лебедева (Лебедев, 1936) о том, что влажность почвенного воздуха при влажности МГ и более всегда равна 100%. Вероятно, отсюда и стабильный термомперенос во влажных почвах. Рекогносцировочные опыты с глинистыми почвами дали такие же результаты. Показатели переноса влаги, полученные в моделях порового пространства, совпадают с показателями переноса влаги в почвенных монолитах, полученными другими авторами (Глобус, 1969, 1983; Федяева, 2015).

**Опыты с водным тепловым носителем.** Выполнены для определения коэффициента термоградиентного переноса в зависимости от температуры порового пространства. Использовался стеклянный цилиндр, площадь поверхности воды в котором была 148 см<sup>2</sup>. Он наполнялся водой до уровня ниже кромки на 3 мм с температурой от 5° до 35°. Температура холодного устройства в каждом случае была ниже на 3-4°. Опыты показали тесную связь интенсивности переноса с температурой порового пространства и соответственно с количеством водяного пара в единице объёма воздуха. При увеличении температуры порового пространства от 5° до 30° интенсивность переноса увеличивалась от 0,0002 до 0,0013 см<sup>2</sup>/°С·час (табл. 3)

**Таблица 3**

Интенсивность термоградиентного переноса влаги в зависимости от температуры порового пространства, см<sup>2</sup>/°С·час

Температура порового пространства, °С	5	10	15	20	25	30
Перенос влаги	2·10 <sup>-4</sup>	3,4·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	7·10 <sup>-4</sup>	9·10 <sup>-4</sup>	13·10 <sup>-4</sup>
Количество водяных паров в 1 м <sup>3</sup> воздуха, г	6,2	9	12	17	24	30

Возрастание коэффициента влагопереноса по мере роста температуры идёт по экспоненте  $y=0,00018 \cdot e^{0,0633x}$ . Тёплые грунты по интенсивности влагопереноса почти на порядок выше холодных.

**Опыты с мокрой фильтровальной бумагой.** Эти опыты проведены с целью определения интенсивности переноса влаги при малых величинах порового пространства (0,02-0,03 см) с использованием плёночных рамок. На плоский металлический круг диаметром 15 см и толщиной 3,8 см кладётся мокрая фильтровальная бумага. Минимальная величина переноса характерна для мелких пор (табл. 4). По мере увеличения порового пространства перенос увеличивался. В крупных порах (> 0,5 см) появляется конвекционный перенос.



На фильтровальной модели изучалось влияние засоления на термоградиентный перенос влаги. Фильтровальная бумага смачивалась раствором NaCl разной концентрации. Оказалось, при смачивании бумаги дистиллированной водой перенос составил  $0,0007 \text{ см}^2/\text{°C}\cdot\text{час}$ , при смачивании раствором концентрацией 1 г/л перенос сократился до  $0,00043 \text{ см}^2/\text{°C}\cdot\text{час}$ . Дальнейшее увеличение концентрации раствора практически на перенос не влияло. Эти опыты свидетельствуют о более высокой агрономической ценности структурных почв по сравнению со слитыми глинистыми почвами и засоленными.

Таблица 4

Интенсивность термоградиентного переноса влаги  
в зависимости от величины порового пространства при температуре  $19 \text{ °C}$ ,  $\text{см}^2/\text{°C}\cdot\text{час}$

Величина порового пространства, см	0,03	0,1	0,3	0,5	1	3	5
Перенос влаги	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-4}$

### Вегетационные опыты.

1. Опыты с посевами пшеницы выполнены в 2-литровых стеклянных цилиндрах с мелкозернисто-пылеватым песком (НВ 6%). В цилиндры высевалось по 20 зёрен. Часть цилиндров была выставлена в поле, другая часть помещена в термостат при температуре  $32 \text{ °C}$ . На шестые сутки после посева оказалось, что в полевых условиях, где суточные колебания температуры составили  $22 \text{ °C}$  всхожесть составила 85%, суммарная длина стеблей 128 см, суммарная длина корней 175 см. В изотермических условиях всхожесть была 50%, суммарная длина стеблей 5 см, суммарная длина корней 80 см (Кулик, 1967). Опыт показал, что активизация термоградиентного переноса влаги способствует улучшению роста растений.

2. Выращивание пшеницы на дистилляте водного раствора. Опыт проводился в чашках Петри. На крышку герметиком наклеивалась толстая ткань (драп). На дно чашки наклеивались 20 зёрен пшеницы. Ткань смачивалась водопроводной водой (0,3 г/л). Чашки в конце мая устанавливались в почву на глубину 5, 10, 15 и 20 см. Здесь же выполнен контрольный посев. Через 9 суток чашки были вскрыты. В каждой из них были проростки (рис. 3). Все растения здесь выросли на дистилляте водного раствора из ткани. На глубине 5 см величина проростков мало отличалась от контрольного посева. По мере углубления величина проростков уменьшалась. Мы связываем это с уменьшением колебаний температур и уменьшением термоградиентного переноса влаги.

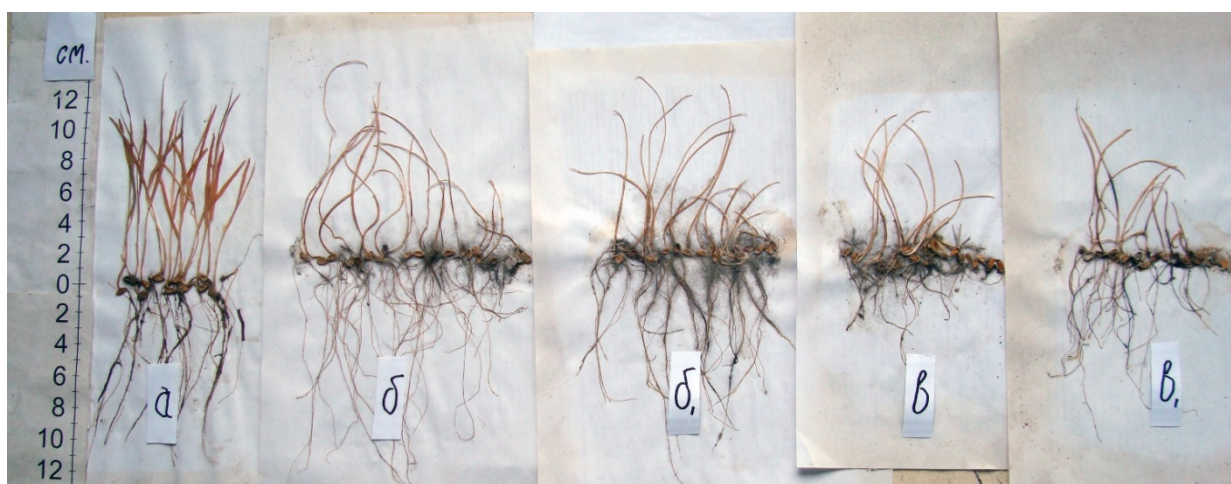


Рисунок 3. Проростки пшеницы, выращенные на дистилляте водного раствора по глубинам: а) контроль; б) глубина 5 см; б<sub>1</sub>) глубина 10 см; в) глубина 15 см; в<sub>1</sub>) глубина 20 см

3. Влияние направления термоградиентного потока влаги на прорастание пшеницы. Опыт проводился в чашках Петри, подготовленных так же как в опыте 2. Собрали 5 чашек в одну колонну, обмотали по бокам поролоном и колонну поместили в металлический цилиндр. Сверху поставлена 15-ваттная электрическая лампочка, которая горела в течение 7 дней. Температура на поверхности верхней чашки была  $37 \text{ °C}$ , на нижней  $27 \text{ °C}$ . Через 7 дней во всех чашках появились проростки таких же размеров, как и в предыдущем опыте.

В следующем варианте этого же опыта источник тепла был помещён под чашками Петри. После 9 суток прогрева из 100 зёрен в 5 чашках не проросло ни одного зерна. Тепловой поток «отжал» парообразную влагу, хотя мокрая ткань находилась в 2 мм от зёрен. Этот опыт мы использовали для обоснования эффекта прямолинейного движения пара при термоградиентном переносе влаги.

### ВЫВОДЫ

1. Термоградиентный перенос влаги в почвах является глобальным явлением и связан с ритмом поступления солнечного тепла на Землю.

2. Термоградиентный перенос влаги представлен парожидкостным потоком, сущность которого следующая: днём в тёплый период года вследствие теплового потока с верхней тёплой плоскости почвенной поры происходит испарение, а на нижней холодной плоскости поры происходит конденсация. Вследствие увеличения здесь объёма воды она перетекает на верхнюю плоскость нижележащей поры, где процесс испарения и конденсации повторяется. Ночью ситуация кардинально меняется. Вследствие охлаждения поверхности почвы парожидкостной поток направлен вверх.

3. В тёплый период года днем величина парожидкостного потока в нагретых горизонтах находится в пределах  $0,00060-0,00067 \text{ см}^2/\text{°}\cdot\text{час}$  или  $0,006-0,007 \text{ мм}$  водного слоя при градиенте температур  $1^\circ$  на 1 см профиля почвы.

4. За пределами слоя суточных колебаний температур формируются сезонные колебания температур почвогрунтов, достигающие глубины 12-19 м. В период март-август идёт нагрев почвогрунтов, в период сентябрь-февраль – охлаждение. В умеренных широтах северного полушария Земли в почве аккумулируется  $3000 \text{ кал/см}^2$  тепла. Зимой это тепло уходит в атмосферу. При движении теплового потока формируется термоградиентный поток влаги. Через плоскость на глубине 50 см проходит 5,1 мм воды. По мере углубления поток ослабевает. Термоградиентный перенос влаги обеспечивает 10% теплового потока.

5. В термоградиентном переносе влаги существует эффект прямолинейного движения пара от тёплой стороны к холодной. В почвенной поре пар не огибает паронепроницаемый экран, а конденсируется на нём.

6. Корни растений являются паронепроницаемым экраном, что обеспечивает на них конденсацию парожидкостного потока. Массовое размещение корней в почвенных порах позволяет им поглощать конденсационную воду в объёмах, достаточных для водопитания.

7. Термоградиентный перенос влаги является важнейшим условием жизни почв и его, образно говоря, можно назвать продолжением солнечного излучения в почвенных горизонтах. Есть основания рассматривать корневую систему как горизонтально расположенную водоулавливающую сетку. Вследствие термоградиентного движения влаги в каждой поре формируется поток дистиллята почвенного раствора, который орошает всё живое, находящееся в почве: корни растений, семена, холоднокровных животных.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Глобус А. М. Экспериментальная гидрофизика почв: Гидрометеиздат. Л., 1969. 352 с.
2. Глобус А. М. Физика неизомермического внутрипочвенного влагопереноса. Гидрометеиздат. Л., 1983. 278 с.
3. Данилевский В.В. К вопросу о конденсации атмосферной влаги на основе археологических фактов // Стенограмма Первой конференции по конденсации водяных паров воздуха (воздушный колодец). М.-Л.: Ред.-изд. отд. ЦУЕГМС, 1935. 80 с.
4. Кулик Н. Ф. О термоградиентном переносе влаги в песчаных почвах // Почвоведение. 1967. №12. С 86-100.
5. Кулик Н. Ф. Водный режим песков аридной зоны. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 280 с.
6. Кулик Н. Ф. Чудо, которого нет // Наука и жизнь. 2011. №5. С 72-73.
7. Кулик Н. Ф. О возможности конденсации атмосферной влаги в почве // Бюлл. Почв. Ин-та. им. В. В. Докучаева. 2016. Вып. 83. С 41-51. doi: 10.19047/0136-1694-2016-83-41-52
8. Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. М: Изд. АН СССР, 1936.
9. Сочеванов В. Е. Конденсация в песках Прикаспийской низменности и методика ее определения // Труды ГГИ. 1938. №1. С. 89-106.
10. Федяева Е. А. Закономерности неизомермического переноса влаги в песчаных и пылеватых грунтах. Автореф. дисс. на соискание учёной степени к. геол.-минер.н. М., 2015. 27 с.

Поступила в редакцию 31.10.2018;  
принята 12.12.2018; опубликована 26.12.2018

**Сведения об авторе:**

**Кулик Николай Филиппович** – профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград, Россия; [kuliknf@mail.ru](mailto:kuliknf@mail.ru)

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**SOIL SOLUTION DISTILLATION BY TEMPERATURE AND THE POSSIBILITY OF VAPOUR USE BY PLANTS**

© 2018 N.F. Kulik

*Address: Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia. E-mail: [kuliknf@mail.ru](mailto:kuliknf@mail.ru)*

*Thermogradient water transfer in soils is a global phenomenon and is associated with the rhythm of solar heat reaching the Earth. The article describes the mechanism of vapour-liquid thermogradient of water transfer. The effect of straight vapour movement in the pore space in the direction of heat flow is revealed. This phenomenon results in condensation of soil solution distillate on plant roots. The dependence of soil water thermogradient transfer on temperature and the pore space size as well as on soil humidity and salinity was found. The great importance of the thermogradient vapour transfer in water supply for plants is noted.*

**Key words:** moisture condensation; thermogradient moisture transfer; vapor-liquid moisture transfer; the effect of straight steam motion; soil solution distillate; plants water nutrition

**How to cite:** Kulik N.F. Soil solution distillation by temperature and the possibility of vapour use by plants // *The Journal of Soils and Environment*. 2018. 1(4): 277–283. (in Russian with English abstract).

REFERENCES

1. *Globus A.M.* Experimental soil hydrophysics. Leningrad: Gidrometeoizdat Pbs., 1969, p. 352. (in Russian)
2. *Globus A.M.* Physics of non-isothermal subsurface moisture transfer. Leningrad: Gidrometeoizdat Pbs., 1983, p. 278. (in Russian)
3. *Danilevsky V.V.* On the question of the condensation of atmospheric moisture on the basis of archeological facts, *Transcript of the First Conference of the water vapor in the air condensation (air well)*. Moscow-Leningrad: TSUEGMS Pbs., 1935. 80 p. (in Russian)
4. *Kulik N.F.* On thermal gradient moisture transfer in sandy soils, *Pochvovedenie*, 1967, No12, p 86-100. (in Russian)
5. *Kulik N.F.* Water mode sands of the arid zone. Leningrad: Gidrometeoizdat Pbs., 1979, p.279. (in Russian)
6. *Kulik N.F.* The miracle that is not, *Nauka I zhizn*, 2011, No5, p. 72-73. (in Russian)
7. *Kulik N.F.* On the ability of atmospheric vaporous water to condensate within the soil on the background of thermal balance and experimental materials, *Bulletin of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute*, 2016, No83, p.41-52. doi: [10.19047/0136-1694-2016-83-41-52](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-41-52) (in Russian)
8. *Lebedev A.F.* Soil and groundwater. Moscow: Izdatelstvo AS USSR, 1936. (in Russian)
9. *Sochevanov V.E.* Condensation in the sands of the Caspian lowland and methods for its determination, *Proc. of the GGI*, 1938, No1, p.89-106. (in Russian)
10. *Fedayeva E.A.* Patterns of non-isothermal moisture transfer in sandy and silty soils. *Abstract of Dissertation ... Candidate Sciences of Geology and Mineralogy Sciences*. Moscow, 2015. 27 p. (in Russian)

*Received 31 October.2018; accepted 12 December 2018*

*Published 26 December 2018*

**About the author:**

**Kulik Nikolai F.** – Professor, Doctor of Biological Sciences, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Volgograd, Russia); [kuliknf@mail.ru](mailto:kuliknf@mail.ru)

*The author read and approved the final manuscript*



The article are available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)