

*В. П. Дедков*

**О ТЕПЛОВОМ РЕАКТОРЕ ПУСТЫННЫХ ПОЧВОГРУНТОВ  
И ЕГО РОЛИ В ФОРМИРОВАНИИ ВЛАГОЗАПАСА  
В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

*На основе экспериментальных исследований объясняется механизм формирования влагозапаса в почвогрунтах пустынных фитоценозов. Делается вывод о формировании в пустыне сезонного теплового реактора, оказывающего влияние на процессы конденсации влаги в почве летом в ночное время.*

*Experimental research helps explain the mechanism of formation of water reserves in the soils of desert phytocenoses. The author arrives at a conclusion about the development of seasonal heat reactor in deserts, which affects the processes of night water condensation in soils in summer.*

**Ключевые слова:** конденсация, тепловой реактор, почвогрунты, пустыня.

**Key words:** condensation, heat reactor, soils, desert.



## Введение

Один из наиболее слабо изученных вопросов, обсуждаемых в литературе, относящейся к экологии растительности пустынь Центральной Азии, — за счет каких запасов влаги древесно-кустарниковые растения вегетируют в засушливый летний период. По этому направлению исследований за последние 100 лет накоплены значительные литературные данные, основанные как на теоретических разработках, так и на полевых экспериментах. Особенно остро дискуссия развивалась на примере исследований указанного вопроса на всемирно известной Репетекской песчано-пустынной станции в Восточных Каракумах.

Работами академика М.П. Петрова [11; 12] отстаивался тезис о том, что длительно вегетирующие древесно-кустарниковые виды в долинообразных понижениях с черно- и белосаксаульниками существуют исключительно за счет близко залегающих слабо минерализованных грунтовых вод. В барханных песках летом деревья, кустарники и многолетние злаки используют влагу атмосферных осадков, накопленную в толще песка в осенне-зимне-весенний период.

Профессор Э.Н. Благовещенский [2—5] на протяжении многих лет последовательно придерживался мнения о том, что деревья и кустарники в засушливый летний период в Каракумах вегетируют за счет конденсационной влаги, накапливающейся в песчаной толще на глубине от 2 до 4 м, и грунтовую воду не используют. В качестве доказательства своей теории М.П. Петров приводил данные раскопок корневой системы саксаулов, а Э.Н. Благовещенский — результаты экспериментальных опытов по изучению конденсации с применением специальных установок.

Многолетние экспериментальные стационарные исследования автора статьи [6—10] на Репетекской песчано-пустынной станции, выполненные во второй половине XX столетия, доказали, что длительно вегетирующие древесно-кустарниковые виды в долинообразных понижениях с бело- и черносаксаульниками в жаркий летний период при наличии слабоминерализованной грунтовой воды (до 5—6 г/л солей), залегающей на глубине 8—10 м, используют ее для своего развития. При увеличении минерализации грунтовой воды выше этих значений они переходят на питание влагой из корнеобитаемой песчаной толщи. Однако механизм формирования влагозапаса в почвогрунтах песчаной пустыни в летний период до сих пор так и оставался не изученным.

### **Цель, объекты и методы исследования**

Целью исследований стало выяснение механизма, способствующего накоплению почвенной влаги при отсутствии атмосферных осадков в летний период. Для изучения этого вопроса на Репетекской песчано-пустынной станции в Восточных Каракумах, где из-за отсутствия хозяйственной деятельности есть уникальная возможность выявить ход естественных природных процессов, были развернуты стационарные исследования различных экологических факторов (радиационно-теплой баланс, температура почвогрунтов и воздуха, скорость ветра, влаж-



ность воздуха и почвогрунтов, водный режим растений и многое другое). Заметный элемент ландшафта территории — наличие крупногрядовых песков с барханными полями и долинообразными понижениями. Гряды протяженностью от 2 до 10 км достигают 15—20 м в высоту, имеют ассиметричное строение: западные склоны крутые, восточные пологие, постепенно переходящие в межгрядовые долинообразные понижения. Вершины гряд обарханены. В растительном покрове преобладают белосаксаульники (*Haloxylon persicum* — *Stipagrostis pennata* — *Anisantha tectorum*). Восточные пологие склоны заняты барханными песками высотой до 5—10 м; здесь произрастают сюзеново-кандымники (*Ammodendron conolly* + *Calligonum arborescens* — *Stipagrostis karelinii*). Вблизи крутых западных склонов гряд узкими лентами шириной до 0,5—1 км простираются черносаксаульники (*Haloxylon aphyllum* — *Suaeda arcuata* + *Kochia odontoptera*; *Haloxylon aphyllum* — *Carex physodes* — *Tortula desertorum*). К западу от них появляются белосаксаульники (*Haloxylon persicum* — *Carex physodes* — *Tortula desertorum*).

Важным аспектом в понимании механизмов формирования влагозапаса является изучение температуры воздуха, почвы и грунтовой воды, поскольку от нее зависит направленность градиентов температуры, влияющих на перемещение водяного пара в почвогрунтах. Поэтому измерения включали определение температуры поверхности и верхнего горизонта почвогрунтов на глубинах (5, 10, 15, 20 см) по максимальным, минимальным, срочным и Савиновским термометрам, а на глубинах 40, 60, 80, 120, 160, 200, 320 см — по вытяжным термометрам и почвенным электротермометрам. В сюзеново-кандымниках комплекс наблюдений за температурой песка проводился в межбарханных понижениях. В бугристых песках с белосаксаульниками и долинообразных понижениях с черносаксаульниками под илаковым (осоковым) и мохово-илаковым покровом на межкروновых пространствах на тех же глубинах, что и в барханных песках. Температура грунтовой воды определялась в специально оборудованных для этой цели скважинах в черно- и белосаксаульниках на глубине 8—10 м. Температуру воздуха в межбарханных понижениях и на межкروновых пространствах измеряли на семи уровнях (0,05; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 5 м). Наблюдения проводились через каждые два часа круглосуточно, в сезонной и многолетней динамике. Более подробно методика исследований описана в работах [7—9].

### Результаты и обсуждения

Проведенные исследования показали, что температура приземного слоя воздуха и почвогрунтов в зоне аэрации в растительных сообществах пустыни неоднородна. Различия в температуре достаточно отчетливо проявляются между растительными сообществами как в суточной, так и в сезонной динамике. Наиболее отчетливы контрасты в температуре в зимний и летний периоды в припочвенном слое воздуха и поверхностной толще почвогрунтов. Так, в ночные часы зимой самые низкие температуры (–20,3 °С) наблюдались не на поверхности почвы, а на высоте от 0,05 до 2,5—3 м. Здесь воздушная масса на 5—7 °С холоднее, чем на поверхности почвы и на высоте более 3 м. К утренним часам слой охлажденного воздуха кверху увеличивался до 5 м и более.



При этом температура приземного слоя воздуха наиболее высока в сюзеново-кандымниках на барханных песках. В черно- и белосаксаульниках по долинообразным понижениям температура приземного слоя воздуха ниже. Сходным образом выглядело распределение температур между растительными сообществами и в дневные часы зимнего периода.

Летом в ночное время, так же, как и зимой, наиболее теплая воздушная масса формируется над поверхностью барханных песков. В долинообразных понижениях с черными и белыми саксаульниками воздух в эти часы охлаждается значительно сильнее. Максимально велики различия в температуре воздуха непосредственно вблизи поверхности почвы или на высоте 5 м, а также в поверхностной (до 15–20 см) толще почвогрунтов.

В дневные часы летом наиболее высоки температуры воздуха и поверхностной толщи почвогрунтов на межкрановых пространствах в черносаксаульниках. Минимальны значения температуры в сюзеново-кандымниках на барханных песках. Межкрановые пространства в белосаксаульниках по значениям температуры занимают промежуточное положение между двумя названными выше сообществами.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что во всех растительных сообществах Восточных Каракумов в период вегетационного развития древесно-кустарниковой растительности начиная с апреля по октябрь в период с 20 часов вечера и до 6 часов утра формируется особый характер распределения температур как в приземном слое воздуха, так и в поверхностной толще грунта. Ее главная особенность заключается в том, что по мере уменьшения потока приходящей солнечной радиации в вечерние часы (17–18 ч) поверхность песка начинает выхолаживаться и ее температура оказывается на 2–3 °С ниже, чем в толще песка на глубине до 5 см, но при этом остается на 5–6 °С выше, чем в приземном 5-сантиметровом слое воздуха. После захода солнца при отрицательных значениях радиационного баланса разница в температуре между поверхностью песка и 5-сантиметровой толщиной под ней еще более заметна. Так, например, в период с 2 часов ночи до 4 часов утра температура песка на глубине 5 см в черносаксаульниках достигала 35–37 °С, а на поверхности она не превышала 22–24 °С, что почти на 13 °С ниже. Обращает на себя внимание и то, что температура песка под слоем повышенной температуры (0,05–1,2 м) вплоть до капиллярной каймы была примерно такой же, как на поверхности почвы. При этом температура грунтовой воды не превышала 21–23 °С.

Важный аспект в понимании направленности температурных градиентов и перемещении водяного пара — особенность ее распределения в приземном слое воздуха. Наблюдения показали, что наиболее охлажденный слой воздуха формируется вблизи поверхности песка на высоте не более 0,5 м. Здесь температура в ночные часы (22–4 ч) на 4–5 °С ниже, чем в слое воздуха на высоте от 0,5 до 5 м. Аналогичным распределение температуры воздуха и песка было в белосаксаульниках и сюзеново-кандымниках. Различия наблюдались лишь в продолжительности работы ночного сезонного теплового реактора пустынных фитоценозов. Так, если в черносаксаульниках тепловой реактор «включался в работу» в ночные часы с апреля и продолжал работать до начала ок-



тября и охватывал толщу песка на глубине от 0,05 до 1,2 м, то в белосаксаульниках он проявлял себя с первых чисел мая до начала сентября, локализуясь на глубине от 0,05 до 1,2 м. Наиболее непродолжительной, с первой декады мая и до начала сентября, была работа ночного сезонного теплового реактора в сюзеново-кандымниках на барханных песках, где, так же, как и в черно- и белосаксаульниках, он был локализован на глубине от 0,05 до 1,2 м.

Из анализа полученных данных следует, что в растительных сообществах Восточных Каракумов в период вегетации древесно-кустарниковой растительности в ночные часы формируется несколько разнонаправленных температурных градиентов. Первый из них направлен в сторону поверхности почвогрунтов из приземного слоя воздуха на высоте от 0,5 до 5 м. Второй также направлен в сторону поверхности почвы, но с глубины примерно 5–10 см. Как было показано ранее, и в первом, и во втором случае температура воздуха и почвогрунтов значительно выше, чем на поверхности. При полном отсутствии ветра в ночные часы и увеличении относительной влажности воздуха до 50–70 % поверхность почвы в раннеутренние часы летом слегка увлажняется. Это легко проверяется прикосновением ладони к поверхности почвы до восхода солнца — ощущается наличие небольшого увлажнения. Однако после восхода такая влага быстро испаряется и никакого влияния на влажность глубинных слоев почвогрунтов не оказывает.

Максимальное влияние на пополнение влагозапаса в почвогрунтах пустынных фитоценозов за счет перемещения водяного пара, на наш взгляд, имеет градиент температуры, направленный из почвогрунтов на глубине от 0,05 до 1,2 м вниз в сторону зеркала грунтовой воды, с которой разность температуры может достигать нескольких десятков градусов [10].

Можно предположить, что в песчаной пустыне наличие сезонного теплового реактора, работающего в ночное время суток, оказывает воздействие на конденсацию водяного пара во всей толще песка вплоть до капиллярной каймы. Этот вывод подтверждают данные о влажности почвогрунтов, полученные из скважин, которые пробурены до уровня грунтовых вод, в середине и в конце вегетации растительности. Обычно во всех растительных сообществах влажность почвогрунтов на глубине более 1,5–2 м была выше в середине или конце вегетации растительности, чем в начале [6; 7]. Особенно заметна разница в изучаемой влажности летом и осенью по сравнению с весенним периодом в песчаной толще с наличием прослоев глины или включений гипса, окатышей цементированного серого песка или гальки. Там, где встречались эти включения, влажность песка на глубине от 1,5–2 до 6–8 м и ниже в летне-осенний период возрастала до 6–8 %, а в отдельных случаях — до 15–27 %. Кроме того, при раскопках почвогрунтов на глубине более 2 м в июне — июле мы нередко встречали линзы песка, в буквальном смысле насыщенного влагой, в которых корни растений скручивались в тугий клубок, вероятно, с целью увеличения всасывающей поверхности. Возможно, именно поэтому длительно вегетирующие древесно-кустарниковые виды не испытывают заметных нарушений их водного баланса в жаркий летний период [1; 7–9].



Подтверждает наличие регулярного пополнения запасов влаги в почвогрунтах в июне — июле, в период отсутствия атмосферных осадков, увеличение влажности многолетних ветвей, стволов, стержневых корней и корней первого порядка у всех длительно вегетирующих древесно-кустарниковых видов. Притом наибольшая оводненность корней летом (июнь — июль) фиксировалась не у деревьев и кустарников барханных песков, а у белого и черного саксаула, основных строителей растительных сообществ долинообразных понижений [8; 9]. Соответственно этому от весенних к летним месяцам увеличивалась интенсивность транспирации, которая достигала максимума в июне — июле [1; 8; 9]. Возможно, что формирование слоя песка с более высокой температурой на глубине от 0,05 до 1,2 м обусловлено воздействием растительного покрова, который усиливает контрасты температуры как в приземном слое воздуха, так и в песчаной толще. Обращает на себя внимание и то, что температура песчаной толщи и грунтовой воды, в которой развиваются корни древесно-кустарниковых растений, является достаточно постоянной, и она на 30–50 °С ниже температуры поверхности почвы. Следует подчеркнуть, что температура в диапазоне от 20 до 30 °С комфортна для всасывающей деятельности корней.

### Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что в период с апреля по октябрь в почвогрунтах растительных сообществ Восточных Каракумов в ночное время на глубине от 0,05 до 1,2 м формируется песчаная толща с температурой, значительно превышающей таковую как на поверхности почвы и в приземном слое воздуха, так и под ним. Этот слой песчаного грунта с повышенной ночной температурой был назван нами ночным сезонным тепловым реактором. Именно он, по нашему мнению, способствует формированию в период вегетации древесно-кустарниковых растений температурных градиентов, обеспечивающих перемещение водяного пара из поверхностной толщи песка вниз, где начиная с глубины 1,5–2 м и глубже в зоне аэрации температура песка и грунтовой воды (21–25 °С) оптимальна для процессов конденсации. Наиболее эффективно реактор работает в самые жаркие (июнь — июль) летние месяцы, и в указанное время температура песка на глубине от 0,05 до 1,2 м в белосаксаульниках на бугристых песках и сюзеново-кандымниках на барханных песках составляет 30–35 °С. В черносаксаульниках она на 5–10 °С выше. Вероятно, в растительных сообществах с преобладанием длительно вегетирующих древесно-кустарниковых видов их нормальный водный баланс поддерживается благодаря ежедневному приходу конденсационной влаги за счет работы ночного теплового реактора. Но это, как известно, не единственный источник влаги для длительно вегетирующих растений. При наличии близко залегающих слабо минерализованных грунтовых вод корни растений достигают их уровня и применяют данную влагу для процессов жизнедеятельности. При увеличении минерализации



грунтовой воды продуктивные сообщества отмирают и замещаются малопродуктивными фитоценозами, возможно, существующими в жаркий летний период исключительно за счет влаги конденсационного происхождения. Весной в период выпадения атмосферных осадков длительно вегетирующие деревья и кустарники используют влагу атмосферных осадков, для чего развивают сезонную поверхностную систему из сосущих корешков, формирующихся в виде войлока вокруг верхней части стержневого корня и корневой шейки.

### Список литературы

148

1. Бобровская Н. И. Водный режим деревьев и кустарников пустынь. Л., 1985.
2. Благовещенский Э. Н. Почвенные и грунтовые воды кустарниковых пустынь // Труды Туркменского филиала Академии наук СССР. 1942. Вып. 4. С. 65–69.
3. Благовещенский Э. Н. Водообеспеченность кустарниковых пустынь Средней Азии в связи с вопросами их восстановления // Докл. АН СССР. 1943. Т. 48, №4. С. 153–155.
4. Благовещенский Э. Н. Некоторые данные по изучению водного баланса пустынных почвогрунтов // Изв. Туркменского филиала АН СССР. 1946. №2. С. 32–38.
5. Благовещенский Э. Н. Исследование почвенной влажности в Восточных Каракумах // Изв. АН Туркменской ССР. 1952. №4. С. 43–48.
6. Гунин П. Д., Дедков В. П. Экологические режимы пустынных биогеоценозов. М., 1978.
7. Дедков В. П. Водно-тепловой режим растительных сообществ Восточных Каракумов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ашхабад, 1978.
8. Дедков В. П. Биоэкологические особенности доминантов растительных сообществ Восточных Каракумов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 1988.
9. Дедков В. П. Экологическая ниша и водный баланс доминантов пустынных фитоценозов. Л., 1989.
10. Дедков В. П. Новые данные о температуре воздуха и почвогрунтов растительных сообществ Каракумов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. Вып. 1. С. 115–123.
11. Петров М. П. Корневые системы растений песчаной пустыни Каракумов, их распределение и взаимоотношения в связи с экологическими условиями // Труды по прикл. бот., генет. и селек. 1933. Сер. 1, №1. С. 113–208.
12. Петров М. П. О глубине проникновения корней кустарников в пустыне Каракумы // Изв. АН ТССР. 1955. №4. С. 82–93.

### Об авторе

Виктор Павлович Дедков – д-р биол. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: VDedkov@kantiana.ru

### About author

Prof. Victor Dedkov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: VDedkov@kantiana.ru