

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ОРДЕНА ЛЕНИНА УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. А. А. ЖДАНОВА



УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ



ПОЧВОВЕДЕНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОРДЕНА ЛЕНИНА УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ А. А. ЖДАНОВА
ЛЕНИНГРАД
1951

О ПЕРЕДВИЖЕНИИ ПАРООБРАЗНОЙ ВОДЫ В ПОЧВАХ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

B. B. Oхотин

В осенне-зимний период вода из глубоких почвенных горизонтов передвигается в верхние и скапливается здесь.

Это явление миграции воды производственники используют при возведении насыпей из глинистых грунтов на железных и автомобильных дорогах. Верхние пересыпанные водой горизонты они отбрасывают, а из нижних иссушенных делают отсыпки. Накопление воды в верхних горизонтах оказывает серьезное влияние и на поведение дорожных и аэродромных покрытий. Вода, скопившаяся в значительных количествах под покрытием, при промерзании почвы переходит в лед, расширяется и образует на дорогах пучины (взбугрывания), которые особенно опасны в зимний период на железных дорогах. Весной, в период оттаивания грунта-основания, он (грунт) вследствие переувлажнения теряет свою несущую способность. Покрытие при проезде быстро разрушается и в этом месте на дороге создается пробка. Этот весенний период особенно опасен на автомобильных дорогах.

Не менее важное значение, но положительное, имеет это накопление воды в верхних горизонтах почвы и для сельского хозяйства, в особенности в засушливых районах. Обогащение водой слоя почвы, где размещается главная масса корней, существенно влияет на урожай.

В каком же виде мигрирует вода: в виде ли пара или в жидкой форме? Решение этого вопроса имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Если вода движется в виде пара, то для прекращения этого явления в строительном деле должны быть приняты одни меры, если же она движется в виде жидкости, то меры должны быть приняты другие; точно так же и в сельском хозяйстве способы для усиления этого явления в том и другом случае не должны быть одинаковы.

Проф. А. Ф. Лебедев [1] установил, что если влажность почвы равна или больше максимальной гигроскопичности, то относительная влажность почвенного воздуха 100%. Исследования влажности почв разных районов, произведенные Лебедевым, показывали, что в почвах, за исключением верхнего слоя мощностью в 5 см для района Одессы и в 30 см для Голодной степи, она всегда больше максимальной гигроскопичности. Следовательно, в почвах водяные пары передвигаются из мест с большей температурой в места с меньшей и здесь конденсируются.

В почвах в зимний период температура увеличивается от поверхности в глубину, и водяные пары поэтому будут передвигаться из глубоких слоев к поверхности и здесь конденсироваться. А. Ф. Лебедев определил количество увеличившейся влаги в почвенном (район Одессы) слое мощностью 2 м за время с 26 октября по 1 марта и нашел, что за этот период количество воды в столбе с основанием в 1 дм² и высотой 2 м увеличилось на 1806 г. Из этого количества воды 662 г., что соответствует 66,2 мм осадков, Лебедев отнес за счет конденсации паров. Однако вода в изучаемый слой могла поступать и в жидким виде. Учесть в данном случае, какая часть воды приходится на конденсацию, невозможно. Поэтому подсчеты А. Ф. Лебедева не могут быть приняты за достоверные.

Кроме того, А. Ф. Лебедевым был проведен такой опыт. В районе Ростова-на-Дону была вырыта яма и в одной стенке сделаны две горизонтальные ниши, одна на глубине 5—10 см и вторая 30—35 см. В эти ниши были поставлены вверх дном, предварительно взвешенные, чашечки Петри, в которые было положено по два кружка фильтровальной бумаги. После установки чашечек ниши были прикрыты жестяными листами, и яма снова была закопана. В нишах чашечки оставались в течение 14 суток (с 14 по 28 сентября). Через 14 дней яма была раскопана, чашечки вынуты и взвешены. Фильтровальная бумага оказалась влажной; количество воды в верхней чашечке равнялось 1,25 г и в нижней 0,77 г. Опыт Лебедева с несомненностью доказал наличие передвижения в почвах водяных паров в зимний период снизу вверх, но в каких количествах это явление происходит за зимний период, по этому опыту нельзя судить даже и приблизительно.

Чтобы выяснить, какое количество воды конденсируется за весь зимний период, нами был поставлен в 1943 г. опыт в Павловском районе Алтайского края. Опыт заложен в черноземной почве на лёссовидном пылеватом легком суглинке. Уровень грунтовых вод залегает глубже 15 м. Зимний период в данном районе длительный.

Для улавливания конденсирующихся паров был сконструирован прибор. Он состоит из конуса, сделанного из тонкого медного листа, и для устойчивости прикреплен снизу к деревянной подставке. Внутри конуса припаян желобок, куда стекает со стечек вода, поступающая далее в сосочек и затем в надетую на сосочек резиновую толстостенную трубку, вставленную нижним концом в пробку бутылки (рис. 1).

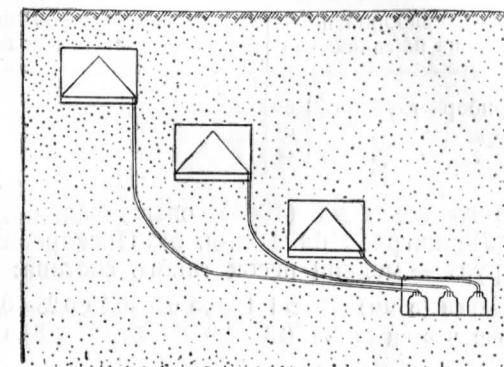


Рис. 1.

Для заложения приборов была вырыта яма глубиной в 2 м и длиной 3 м. В одной стенке этой ямы сделаны были три горизонтальные ниши $20 \times 30 \times 20$ см, расположенные по диагонали стенки. Дно первой ниши было на глубине 50 см, второй 75 см и третьей 125 см. Закладка приборов производилась так: прибор вставлялся в нишу, дно которой было покрыто, чтобы сконденсированные пары не могли задержаться в желобке. Бутылка и резиновая трубка вставлялись в подготовленные для них углубления и затем весь прибор осторожно присыпался землей. Когда все три прибора были установлены, яма засыпалась землей и утрамбовывалась. Все приборы были заложены 20 октября 1943 г.

Заложенные приборы оставались на месте до 12 апреля 1944 г. 12 апреля яма была раскопана и приборы вынуты. При этом было обнаружено следующее: в верхнем приборе в бутылке воды не было, но в желобке конуса был лед, по весу 1 г, а во втором приборе льда в конусе оказалось 2 г и в бутылке 3 г, всего же 5 г; в третьем приборе в конусе льда не было, а в бутылке оказалось 4 г. Если выразить это количество в миллиметрах столба воды, то, принимая во внимание диаметры оснований конусов по бортам, получим данные, приведенные в табл. 1.

Как видно из приведенной таблицы, количество сконденсированных паров ничтожно. Это обстоятельство зародило сомнение в правильности постановки опытов: возможно, что пары конденсировались не только вблизи стенки конуса, но и на некотором расстоянии от нее, в виде тумана опускались вниз и не попадали на бортик.

ТАБЛИЦА 1

№ приборов и глубина их заложения	Колич. сконденсированн. паров в мм столба воды
1 прибор—глубина 50 см	0,14
2 " " 75 см	0,95
3 " " 125 см	0,54

Осенью того же года (1944) опыт был осуществлен в окрестностях Ленинграда близ ж.-д. ст. Пискаревка Финляндской ж. д. Грунт — мелкий песок такого состава:

Диаметр зерен (в мм)	>1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	<0,05
Содержание частиц (в %)	0,8	1,8	4,4	83,0	10,0

На этот раз, кроме конусов, были заложены приборы другой конструкции (рис. 2). Новый прибор представлял собой грохот, в котором стенки и дно железные оцинкованные; дно имеет круглые отверстия диаметром 10 мм и вделано на расстоянии 15 мм от нижнего края. Стенки прибора высотой 6 см, диаметром 30 см. Сверху на прибор надевается железная оцинкованная конусообразная крышка, диаметр которой 34 см. В каждый прибор на дно накладывался гравий, а поверх гравия песок из ямы, в которую закладывался прибор. Прибор устанавливался в яме и засыпался песком, вынутым из ямы. При засыпке были приняты меры к тому, чтобы песок примерно засыпался на ту же глубину, с которой он был взят при заложении ямы. Все приборы располагались у одной стенки ямы по диагонали. Вес каждого прибора с гравием и песком при заложении равен был 2 кг. При такой конструкции прибора пары воды, поднимающиеся вверх, должны были проходить через гравий и песок и здесь конденсироваться, часть их проходила через песок, конденсировалась под крышкой и в виде тумана опускалась на песок и в нем задерживалась. Часть паров оседала на внутренней стенке крышки и стекала за прибор.

Эта потеря могла быть учтена, так как в соседней яме заложены были на тех же глубинах приборы-конусы. Количество воды, сконденсированной под конусом, должно равняться потере сконденсированной воды в приборе-грохоте,

заложенном на той же глубине. Грохоты и конусы были заложены на глубине 50, 75 и 125 см от поверхности. Закладка произведена 15 октября 1944 г., а вынуты приборы 12 мая 1945 г.

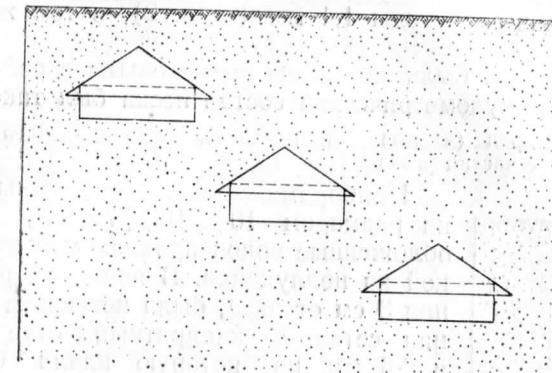


Рис. 2.

Количество сконденсированной воды приведено в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2

Глубина заложения прибора (в см)	Количество сконденсированной воды (в мм)		Общее количество сконденсированной воды (в мм)
	в конусах	в грохотах	
50	1,4	9,4	10,8
75	0,2	6,0	7,1
125	1,1	9,0	10,1

Из глубоких слоев песка, залегающих глубже 125 см, в верхние слои за зиму поступило количество парообразной воды, равное столбу жидкой воды в 10,1 мм (увловлено нижним прибором). Из песка, залегающего ниже 50 см, в верхний слой поступило воды 10,8 мм (увловлено верхним прибором). Следовательно, во всем слое от 50 до 125 см за зиму, вследствие конденсации, количество воды не только не увеличилось, а, наоборот, уменьшилось на 0,7 мм.

Если рассмотреть слой грунта, лежащий выше 50 см, то в него поступил за зиму столб воды в 10,8 мм. Как распределилась вода в этом слое, из поставленных опытов установить нельзя, но общее количество ее очень мало. Если это количество отнести ко всему грунту, приняв объемный вес его твердой фазы в 1,5 г/см³, то это составит только 1,4%.

Нужно принять во внимание, что опыты поставлены в песке, где имеется наибольшее количество открытых пор; в суглинистом же грунте количество передвигающейся воды в парообразной форме будет еще меньше. Об этом свидетельствуют полученные данные в конусах. В верхнем конусе, заложенном на песке, количество воды 1,4 мм (табл. 2), в том же приборе на суглинке 0,14 мм (табл. 1).

Осенью 1946 г. были заложены новые опыты в районе Зеленогорска. Гранулометрический состав песка был таков:

Диаметр зерен (в мм)	>1	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,05	<0,05
Содержание частиц (в %)	—	1,2	53,2	44,8	0,8

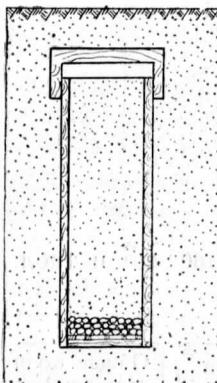


Рис. 3.

29 мая 1947 г. ящики были вынуты и в них на разных глубинах была определена влажность (табл. 4).

Сравнивая весенние влажности с осенними, видим, что в 1-м ящике влажность увеличилась на 0,2%, а во 2-м ящике уменьшилась на 0,3%.

ТАБЛИЦА 3

	1-й ящик	2-й ящик
	влажность (в %)	
Верх	2,7	1,1
Середина	2,3	1,9
Низ	2,3	2,3
Среднее . . .	2,4	1,8

Таким образом можно принять, что количество сконденсированной воды в слое песка, залегающего на глубине 50—125 см, равно нулю.

ТАБЛИЦА 4*

1-й ящик		2-й ящик	
глубина (в см)	влажность (в %)	глубина (в см)	влажность (в %)
48—58	2,29	45—56	1,47
58—68	3,19	66—76	1,23
68—78	2,48	76—86	1,78
78—88	2,48	86—96	1,36
88—99	2,40	100—106	1,55
99—109	2,53	—	—
109—116	2,94	—	—
—	2,6	—	1,5

Подобный же опыт был заложен 5 ноября 1947 г. в саду ЛГУ, но глубина заложения ящиков была другая, а именно: верх ящиков был на глубине 4 см от поверхности и низ на глубине 79 см. Почва по гранулометрическому составу представляла собой бесструктурную супесь, содержащую около 4% глинистых частиц и около 50% пылеватых:

Диаметр фракций (в мм)	>2	2,0—1,0	—	0,5	—	0,25	—	0,05	—	0,01	—	<0,002
Содержание частиц (в %)	7,6	4,5	8,2	16,2	46,8	16,7	5,5	—	—	—	—	4,5

Влажность почвы при заложении первого ящика была такая:

Глубина пробы (в см) от верха ящика	0	14	37	62
Влажность (в %)	20,9	21,5	21,0	20,8

Средняя 21,1

17 мая 1948 г. ящик был вынут и на разных глубинах была определена влажность почвы, заключающейся в нем:

Глубина пробы (в см) от верха ящика	0	2	7	14	18	25	38	50	59	63
Влажность (в %)	18,4	19,0	19,5	19,1	22,3	22,2	19,2	20,6	23,7	22,8

Средняя 20,68

Как видно из полученных данных, накопление воды в почве первого ящика за счет конденсации водяных паров, передвигающихся из глубоких горизонтов, равно нулю.

Одновременно рядом с первым ящиком был заложен второй, но в нем прокладки гравия на сетке не было. Влажность во втором ящике при заложении была такая:

Глубина взятия проб (в см) от верха ящика .	0	13	44	67	
Влажность (в %) . .	20,4	19,7	20,6	20,9	Средняя 20,4

Весной влажность почвы в этом ящике оказалась такой:

Глубина взятия проб (в см) от верха ящика	0	3	6	12	24	43	58	63	
Влажность (в %) . . .	18,0	20,0	19,0	19,6	20,1	21,3	22,0	22,4	Средняя 20,3

Как видно из приведенных цифр, и в почве второго ящика накопления воды за счет конденсации водяных паров, поднимающихся из глубоких слоев, за осенне-зимний период не происходило.

Весной, когда выкапывались ящики, в стенке шурфа, где естественное сложение почвы нарушено не было, определялась влажность на разных глубинах:

Глубина взятия проб (в см) от поверхности	5	10	20	60	70
Влажность (в %) . .	19,6	21,8	22,0	23,3	15,8

На основании полученных результатов можно допустить, что некоторое количество воды из более глубоких горизонтов передвинулось в верхние, но это передвижение произошло только за счет миграции воды в жидкой форме.

На основании вышеизложенного можно высказать следующие положения:

1. В условиях ленинградского климата на песчаных почвах из глубоких слоев в верхний, мощностью до 50 см, за осенне-зимний период поступает воды в виде водяных паров небольшое количество (около 10 мм столба воды).

2. В бесструктурных, тонкозернистых супесчаных почвах за осенне-зимний период в верхнем почвенном слое глубже 5 см не накапливается воды за счет конденсации водяных паров, поднимающихся из глубоких горизонтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды, 1936.