

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.445.24.004.12(571.15)

С.В. Макарычев,
А.Г. Болотов,
Ю.В. Беховых

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, физические и теплофизические свойства почв, зона засушливой степи, гранулометрический состав, плотность, плотность твёрдой фазы, почвенно-гидрологические константы, почвенный профиль, теплоёмкость, теплопроводность, температуропроводность.

Введение

Юго-западная часть ленточных боров Алтайского края, расположенная в зонах засушливой и сухой степей, представляет для исследователей особый интерес, так как сосна находится здесь на границе распространения в экстремальных почвенно-климатических условиях [1].

Дерново-подзолистые почвы не характерны для зон сухой и засушливой степей и являются атипичными, так как для их формирования требуется промывной водный режим. В ленточных борах промывной водный режим обеспечивает песчаный субстрат ложбин древнего стока, образованных ледниковыми водами. Лесная подстилка из остатков листвы и хвои создаёт запас необходимых химических элементов, в частности, кислот, без которых невозможен процесс подзолообразования. Таким образом, сосновые боры и дерново-подзолистые почвы, сформированные под ними, являются примером саморегулирующейся и дополняющей друг друга экологической системы, находящейся в состоянии динамического равновесия. Однако любые внешние факторы, такие как

антропогенное воздействие, лесные пожары, изменение климатических условий могут привести к нарушению этого равновесия, что в критических условиях засушливой и сухой степи может поставить под вопрос сам факт существования ленточных боров в этом районе. В связи с этим изучение экологических и почвенных условий произрастания ленточных боров является актуальным.

Объект и методы исследований

Исследования проводились на территории Волчихинского лесхоза, расположенного в зоне засушливой степи Алтайского края.

Объектом исследований были дерново-подзолистые почвы ленточных боров.

Предметом исследований являлось изучение влияния мезорельефа на распределение теплофизических коэффициентов дерново-подзолистых почв. Для этого были выбраны экспериментальные точки, расположенные на вершине, в низинной части увала, а также на склонах южной и северной экспозиций.

Морфологическое описание почвенных разрезов сделано И.Т. Трофимовым. Определение общих физических и водно-физических свойств почв проводилось с использованием общепринятых в почвоведении методик, а теплофизических свойств почв естественного сложения – в лабораторных условиях методом плоского нагревателя [2, 3]. Влажность определялась методом термостатной сушки [2].

Результаты исследований

Почвы боровых песков, формирующиеся под сосновыми насаждениями, по комплексу признаков можно разделить на две группы [4]:

- дерново-подзолистые песчано-супесчаные, образующиеся на возвышенных холмистых участках бора;

- дерново-подзолистые оглеенные, развитые по понижениям мезорельефа в условиях постоянной связи с грунтовыми водами.

Типичный почвенный профиль дерново-подзолистой почвы ленточных боров в зоне засушливой степи (Волчихинский лесхоз) имеет следующую морфологию.

Разрез 4/99.

Вершина увала. Разреженный осоково-лишайниковый бор.

A₀: 0-3 см. Лесная подстилка из хвои и травянистой растительности.

Горизонт A₁: 3-12 см. Светло-серый, снизу осветлённый, пронизан корнями, рыхлый, супесчаный.

Горизонт A₂: 12-25 см. Белесый, с обилием кремнеземистой присыпки, слабо выраженная плитовидно-комковатая структура, рыхлый, свежий, супесчаный.

Горизонт A₁': 25-52 см. Серый с включением углей от лесного пожара, сухой, рыхлый.

Горизонт A₁A₂: 52-59 см. Реликтовый, более светлый, рыхлый, свежий, супесчаный.

Горизонт B: 59-120 см. Буроватый за счёт оксидов железа, распадается на

ореховатые отдельности, влажный супесчаный.

Горизонт BC: 120-180 см. Рыхлый, влажный, супесчаный.

Горизонт C: ниже 180 см. Влажный желтоватый песок.

В межгрядном понижении, в лишайниковом бору почвы близкой морфологии, с наличием погребенного (около 90 лет назад) слоя после низового пожара. Здесь ярче выражен подзолистый процесс. Горизонты A и B более влажные, имеются оксиды железа. В горизонте BC отмечены признаки оглеенности. Почвообразующая горная порода мокрая, оглеенная.

Исследованные почвы имеют легкий гранулометрический состав, в котором преобладает песчаная фракция (0,25-0,05 мм).

Плотность верхних горизонтов почвы составляет 1220-1300 кг/м³. Заметное увеличение плотности начинается на глубинах ниже 60 см и достигает в горизонте BC (глубина 125 см) значения 1548 кг/м³ (табл. 1).

Плотность твердой фазы колеблется в почвенном профиле в пределах 2600-2700 кг/м³. Общая порозность варьирует незначительно от 52,6% в гумусовом горизонте до 42,6% на глубине 125 см.

В таблице 2 представлены некоторые водно-физические свойства исследованных почв, которые характеризуются низкими значениями по сравнению с почвами другого генезиса.

Таблица 1

Общие физические свойства дерново-подзолистых почв ленточных боров зоны засушливой степи

Глубина, см	Плотность, кг/м ³	Плотность твердой фазы, кг/м ³	Порозность, %
0-10	1220	2600	52,6
15-25	1304	2600	49,6
50-60	1370	2650	48,3
90-100	1510	2700	44,1
120-130	1548	2700	42,6

Таблица 2

Водно-физические свойства дерново-подзолистых почв ленточных боров зоны засушливой степи

Глубина, см	МГ	ВЗ (1,34 МГ)	ВРК (0,7 НВ)	НВ	ПВ
	% от массы сухой почвы				
0-10	1,1	1,5	6,0	8,6	43,1
15-25	0,4	0,5	3,9	5,6	38,2
50-60	0,3	0,4	2,8	4,0	35,3
90-100	0,4	0,5	4,2	6,0	29,2

Максимальная гигроскопичность (МГ) песчаных почв только в гумусовом слое достигает 1,1% от массы сухой почвы. Мала значения влажности завядания (ВЗ). Наименьшая влагоемкость (НВ) незначительно варьирует в профиле от 8,6% в верхней части до 6,0% в подстилающих горизонтах. Синхронно с НВ изменяется по глубине влажность разрыва капилляров (ВРК). Полная влагоёмкость (ПВ) с глубиной изменяется существенно.

Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что изменение теплофизических коэффициентов дерново-подзолистой почвы в основном подчинена сезонной динамике влажности. Вместе с тем на различных элементах мезорельефа имелись свои характерные особенности в распределении коэффициентов теплоаккумуляции и теплопередачи.

Весной (первая декада мая) почвенный профиль был достаточно хорошо увлаж-

нен за счет таяния снега (табл. 3). При переходе от верхних к нижележащим слоям влагосодержание уменьшалось на всех элементах мезорельефа. Тем не менее влажность горизонтов почвы была близка к НВ. Диапазон увлажнения близкий к диапазону НВ-КВ (капиллярная влагоёмкость) обеспечивал высокие значения термодиффузии молекул парообразной влаги через оставшиеся, не занятые водой почвенные поры и способствовал совместному проявлению комбинированного механизма теплопередачи за счет кондуктивного и пародиффузионного теплопереноса.

Это способствовало быстрому прогреванию верхних слоев почвы и распространению тепла в нижележащие горизонты профиля на фоне значительной теплоаккумуляции в почвенной толще.

Таблица 3

Влажность (U , %), объемная теплоемкость ($c\rho$, 10^6 Дж/м³·К), температуропроводность (a , 10^{-6} м²/с) и теплопроводность (λ , Вт/м·К) дерново-подзолистой почвы зоны засушливой степи. Волчихинский лесхоз (первая декада мая)

Физические показатели	Глубина, см				
	0-5	10-15	20-25	50-60	100-110
Низина увала					
U , %	14,1	6,9	6,3	6,0	4,3
$c\rho$, 10^6 Дж/м ³ ·К	1,12	1,33	1,55	1,72	2,13
a , 10^{-6} м ² /с	0,59	0,46	0,41	0,39	0,24
λ , Вт/м·К	0,66	0,61	0,62	0,67	0,51
Южный склон увала					
U , %	11,0	5,7	5,2	6,8	4,3
$c\rho$, 10^6 Дж/м ³ ·К	1,03	1,35	1,42	1,85	2,08
a , 10^{-6} м ² /с	0,60	0,43	0,38	0,40	0,24
λ , Вт/м·К	0,62	0,58	0,54	0,74	0,50
Вершина увала					
U , %	10,3	9,3	5,9	5,2	7,9
$c\rho$, 10^6 Дж/м ³ ·К	0,97	1,35	1,50	1,69	2,44
a , 10^{-6} м ² /с	0,60	0,51	0,40	0,36	0,34
λ , Вт/м·К	0,58	0,69	0,60	0,61	0,83
Северный склон увала					
U , %	7,8	14,3	6,7	4,2	3,7
$c\rho$, 10^6 Дж/м ³ ·К	0,91	1,4	1,52	1,59	2,13
a , 10^{-6} м ² /с	0,58	0,58	0,42	0,34	0,23
λ , Вт/м·К	0,53	0,81	0,64	0,54	0,49
$E_{c\rho} = 5,6\%$; $E_a = 6,4\%$; $E_\lambda = 5,7\%$					

Данные таблицы 3 показывают, что максимальные коэффициенты теплоперевода в мае имеют верхние слабоуплотненные и хорошо увлажненные слои почвы. Здесь температуропроводность на вершине и южном склоне близка к значению $0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Объемная теплоемкость и теплопроводность выше в низинной части рельефа, где отмечалось повышенное увлажнение. Снижение влажности с глубиной и возрастание плотности нижележащих слоев почвы обеспечили значительное увеличение объемной теплоемкости (более чем в 2 раза) по сравнению с поверхностным слоем и резкое снижение температуропроводности на глубине 100-110 см.

На глубине 10 см максимум теплопроводности отмечался в почве северного склона и был несколько меньше на вершине. Минимум на этой же глубине фиксировался на южном склоне. Ниже 50 см характер изменения теплопроводности поменялся: наибольшее ее значение было на южном склоне и в низине, а наименьшее – на склоне северной экспозиции и вершине.

В таблице 4 приведены результаты определения влажности и теплофизических показателей в дерново-подзолистой почве в третьей декаде июня.

Верхний 5-сантиметровый слой почвы был увлажнен сильнее, чем более глубокие горизонты за счет прошедшего накануне измерений небольшого дождя. На этой глубине максимальное влагосодержание отмечено в низине и южном склоне увала.

В июне влажность в нижней части профиля по сравнению с маем уменьшилась за счет физического испарения и транспирации древесной растительностью, подлеском, травянистым покровом.

Это отразилось на величинах теплофизических коэффициентов. Если в верхнем гумусовом слое величины тепло- и температуропроводности остались практически без изменения по сравнению с началом вегетации, то в нижележащих почвенных слоях они значительно уменьшились. Снизился и коэффициент теплоаккумуляции на 10 до 20% в зависимости от элементов мезорельефа.

Таблица 4

Влажность (U , %), объемная теплоемкость ($c\rho$, $10^6 \cdot \text{Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$), температуропроводность (a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$) и теплопроводность (λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$) дерново-подзолистой почвы зоны засушливой степи. Волчихинский лесхоз (третья декада июня)

Физические показатели	Глубина, см				
	0-5	10-15	20-25	50-60	100-110
Низина увала					
U , %	10,2	3,3	2,6	3,8	3,6
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,98	1,20	1,35	1,60	2,04
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,60	0,35	0,29	0,32	0,23
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,59	0,42	0,39	0,51	0,47
Южный склон увала					
U , %	9,4	3,4	3,2	4,6	2,7
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,97	0,75	1,29	1,60	2,10
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,60	0,59	0,32	0,35	0,21
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,58	0,44	0,45	0,56	0,42
Вершина увала					
U , %	5,0	4,8	4,4	4,3	4,0
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,83	1,20	1,44	1,62	2,08
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,52	0,41	0,36	0,34	0,24
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,43	0,49	0,52	0,55	0,50
Северный склон увала					
U , %	7,5	3,7	3,7	4,2	4,6
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,93	1,24	1,41	1,56	2,16
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,57	0,37	0,34	0,33	0,25
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,53	0,46	0,48	0,53	0,54
$E_{c\rho} = 5,8\%$; $E_a = 6,2\%$; $E_\lambda = 5,9\%$					

Влажность (U , %), объемная теплоемкость ($c\rho$, $10^6 \cdot \text{Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$), температуропроводность (a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$) и теплопроводность (λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$) дерново-подзолистой почвы засушливой степи. Волчихинский лесхоз (вторая декада сентября)

Физические показатели	Глубина, см				
	0-5	10-15	20-25	50-60	100-110
Низина увала					
U , %	3,6	2,3	2,0	1,2	1,4
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,81	1,20	1,41	1,55	1,89
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,47	0,31	0,27	0,22	0,18
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,38	0,37	0,38	0,34	0,33
Южный склон увала					
U , %	7,4	2,5	1,6	1,2	2,6
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,92	1,19	1,32	1,50	2,05
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,57	0,32	0,25	0,22	0,20
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,52	0,38	0,33	0,33	0,41
Вершина увала					
U , %	3,5	4,6	2,9	2,3	3,3
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,81	1,25	1,43	1,52	2,05
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,47	0,39	0,30	0,27	0,22
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,38	0,50	0,43	0,41	0,45
Северный склон увала					
U , %	3,4	2,4	2,2	1,3	2,4
$c\rho$, $10^6 \text{ Дж}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$	0,79	1,19	1,39	1,52	2,07
a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,47	0,32	0,28	0,23	0,20
λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$	0,37	0,38	0,39	0,35	0,41
$E_{c\rho} = 6,3\%$; $E_a = 6,5\%$; $E_\lambda = 6,1\%$					

В начале осени из-за малого количества осадков и интенсивной эвапотранспирации происходило дальнейшее иссушение почвенного профиля (табл. 5).

Влагосодержание снизилось до 2,0-1,6% от массы сухой почвы. Почва на глубине 50-60 см оказалась наиболее иссушенной. В то же время можно отметить, что влажность почвенного профиля в течение всего периода наблюдений оставалась выше влажности завядания и дефицита влаги не ощущалось.

Уменьшение влажности в начале осени обусловило снижение теплофизических коэффициентов (табл. 5). Так, температуропроводность в наиболее сухих и плотных горизонтах стала ниже $0,20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, а теплопроводность достигла значения $0,33 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$. Стала меньше и теплоемкость по сравнению с предыдущими измерениями.

Выводы

1. Распределение теплофизических коэффициентов почвы по элементам рельефа в основном подчинена сезонным изменениям влажности.

2. К началу осени теплофизические характеристики дерново-подзолистой почвы зоны засушливой степи приобрели значения, которые обеспечивают уменьшение потоков тепла в почвенный профиль и снижают их выход из нижележащих почвенных слоев.

3. Уменьшение потери тепла из нижележащих почвенных слоев за счет естественного изменения теплофизических коэффициентов определяет медленное остывание почвенной толщи осенью, что благоприятно сказывается на подготовке растений к зиме.

Библиографический список

1. Стрелковский А.Н. Структура сосновых насаждений юго-западной части ленточных боров / А.Н. Стрелковский, В.И. Заблоцкий // Ботанические исследования Сибири и Казахстана: сб. науч. тр.; под ред. Куприянова. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2004. – Вып. 10. – С. 11-15.
2. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

3. Болотов А.Г. Определение теплофизических свойств капиллярно-пористых тел импульсным методом с использованием технологии визуального программирования / А.Г. Болотов, Ю.В. Беховых, Г.А.

Семёнов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6. – С. 37-40.

4. Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 382 с.



УДК 631.551.578

**М.И. Мальцев,
В.Е. Суховеркова**

ОСОБЕННОСТИ СНЕГОТЛОЖЕНИЯ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ В ЛЕСОСТЕПИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ключевые слова: снежный покров, снегоотложение, снегозапасы, снегоперенос, коэффициент снегоотложения, снегозадерживающая способность, плотность снега, снеготаяние, твердые осадки, агроландшафт.

Введение

Земледелие в южной части Западной Сибири, в частности, Алтайском крае, ведется в неблагоприятных по влагообеспеченности условиях, значительные посевные площади расположены в зонах недостаточного увлажнения. В основе агротехнических мероприятий – предупреждение вредного влияния раннелетней и летней засухи, поэтому необходимо осуществлять меры по рациональному использованию влаги. В связи с этим важно обеспечить целенаправленное использование зимних осадков, которые служат существенным источником пополнения почвенной влаги. Отложение снега во многом определяется рельефом местности, характером землепользования, наличием растительных остатков на поверхности почвы и т.п. [1, 2]. В настоящее время при создании моделей агроландшафтов возникает необходимость определения тенденций снегопереноса, комплексной снегозащиты для конкретной водосборной площади [3]. В связи с этим задача наших исследований заключалась в определении влияния природных и антропогенных факторов на формирование и распределение снежного покрова по элементам агроландшафта, расположенным на склоновых землях.

Методика исследований

Исследования проводились с 1990 по 2005 гг. на типичных для лесостепи Алтайского Приобья ландшафтах, расчленённых сетью оврагов и балок (территория ОПХ им В.В. Докучаева и опытного поля АНИИСХ).

Характерным для данной местности является холмисто-увалистый рельеф, наличие склонов преимущественно выпуклой и прямой формы, значительной длиной (до 3 км) и крутизны (до 6°). Почвенный покров представлен в основном чернозёмами обыкновенными и выщелоченными разной степени эродированности. Климат – резко континентальный. Сумма годовых осадков 470-520 мм, в том числе зимних, составляет около 30%. Эрозионно-опасный поверхностный сток формируется преимущественно весной в период снеготаяния.

В экспликации территории на долю пашни приходилось около 75%, на лес и лесные полосы – 7, луга и пастбища – 13,3, овраги и балки – 2,2, прочие земли – 2,5%.

Снегозапасы по элементам ландшафта определяли замерами высот снегоотложения по участкам (точкам мониторинга), расположенных с интервалом 500 м на линии маршрутов по всей изучаемой территории (3,2 тыс. га). Высоту снежного покрова учитывали перед снеготаянием в 5-10-кратной повторности. Для характеристики снегозадерживающей способности ландшафта использовали коэффициенты снегоотложения, определяемые как отношение запаса воды в снеге к сумме выпавших твердых осадков.