

## РЕГУЛИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

**Введение.** До последнего времени в земледелии гораздо большее значение придается удобрениям, новым сортам, средствам борьбы с болезнями и сорной растительностью, чем микроклимату. В известной мере такое положение можно объяснить недостаточной изученностью влияния отдельных метеорологических элементов на формирование урожая [1, 2, 3].

Тепловой режим осушаемых торфяных почв существенно отличается от минеральных земель [4, 5]. Влажная торфяная почва требует намного тепла больше для своего нагревания, чем минеральная. Поскольку влажность торфяной почвы меняется в широких пределах, то и диапазон изменений теплоемкости весьма велик. Так, при изменении влажности почвы в условиях Западной Сибири от 10 до 93,5% объемная теплоемкость изменяется от 0,144 до 0,979 кал/см<sup>3</sup> °С [6]. По своей теплопроводности торф стоит на последнем месте по сравнению с другими почвами. Коэффициент теплопроводности, выраженный в кал/ (см. с. град), изменяется следующим образом: для сухого торфа он равен 0,00027, сырого торфа – 0,0011, сухого песка – 0,0047, сырого песка – 0,04 [7]. Плохая теплопроводность торфа и сильная отдача тепла поверхностными слоями являются основными причинами частых заморозков на осушаемых землях. По сравнению с минеральными на осушаемых торфяных почвах микроклиматические условия являются более суровыми, что в основном выражается в частых поздних весенних и ранних осенних заморозках. Заморозки на этих почвах могут иметь место и в летний период [8, 9, 10].

В течение вегетационного периода число дней с заморозками на минеральных почвах составляет 9,8%, а на торфяных – 24,4, или примерно в 2,5 раза больше. Кроме того, на болотной почве заморозки являются более интенсивными и продолжаются значительно дольше, чем на минеральной [10]. Заморозки на торфяных почвах Среднего Урала чаще и интенсивнее на 1- 3°, продолжительность безморозного периода 68 дней, что на 27 дней меньше, чем

на дерново-подзолистой [11]. На европейской территории к северу от широты 55 – 56° заморозки на поверхности торфяных почв наблюдаются почти в течение всего лета [12]. Радиационные заморозки различной интенсивности на поверхности торфяной почвы имеют место и в Белорусском Полесье. Сухие торфяные почвы значительно чаще и сильнее, чем влажные, подвергаются заморозкам [13]. В условиях Западной Сибири краткосрочные наблюдения за заморозками на торфяных почвах проведены на Бакчарском мелиоративном пункте. Здесь они отмечены в течение всего вегетационного периода [14].

При освоении холодных торфяных почв первоочередной задачей должно быть приближение их теплофизических свойств к таковым минеральным почвам [15, 16]. Эффективным средством регулирования теплового режима торфяных почв является искусственное их обогащение добавками минерального грунта. Внесение в торфяные сезонно-мерзлотные почвы минеральных добавок обеспечивает приближение холодных торфяников по тепловым свойствам к легким супесчаным и песчаным почвам [17]. Обогащение пахотного горизонта торфяной почвы минеральным грунтом повсеместно дает очень высокий тепломелиоративный эффект, т.к. снижает эффект ее замульчирования при подсыхании верхнего оттаявшего слоя [18, 19]. Пескование в значительной степени снижает размах суточных колебаний температуры поверхности почвы [7].

Уменьшение суточных амплитуд колебаний температуры на поверхности почвы и в приповерхностном слое под влиянием добавок песка или глины сводит до минимума влияние поздневесенних, летних и раннеосенних заморозков [13].

Анализ использования торфяных почв Северного Зауралья показывает, что выращивание сельскохозяйственных культур без учета их микроклиматических особенностей не дает должного эффекта.

**Цель исследования.** Установить минимальную и максимальную температуру, вероятность и величину радиационных заморозков на

поверхности торфяной почвы и влияние добавок минерального грунта на микроклиматический режим почвы.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились (2008 – 2010 гг.) на низинном болоте Усальское в подтаежной зоне Тюменской области. Болото Усальское залегает на второй надпойменной озерно-аллювиальной террасе левобережья реки Тобола. Опытный дренажный участок Усалка составляет часть осушительной системы площадью 1300 га, водосбор которой занимает восточную окраину болота Усальское. Исследования проводили на участке гончарного дренажа, заложенного с параметрами: глубина 1,5 м, междренное расстояние – 30 м. Мощность торфяной залежи 2,2 м; основные торфообразователи – осоки, тростник и гипновые мхи. Степень разложения торфа находится в пределах 35 – 40% в верхних горизонтах (0 – 0,4 м), в нижних 10 – 20%. Плотность сложения в 0,4 – метровом слое 0,166 – 0,200 г/см<sup>3</sup>, полная влагоемкость полуметрового слоя равна 438,4 мм, зольность 7,6 – 10,1%.

Перед закладкой полевого опыта почва на участке была вспахана на глубину 0,25 – 0,27 м с последующей разделкой пласта дисковой бороной в два следа и прикатыванием тяжелым катком. В качестве минеральной добавки использовали предварительно подсушенную глину, подстилающую торфяную залежь. На делянки глину вносили вручную, что обеспечило ее равномерное распределение по площади. После внесения глину тщательно перемешали с торфом в верхнем 0,15 – метровом слое, используя для этого дисковую борону. В оптимальные сроки весной высевали овес сорта Таежник нормой 5,5 млн всхожих зерен на 1 га. Урожайность учитывали сплошным методом в фазу молочно-восковой спелости овса. Размер опытной делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность – шестикратная. Температуру почвы измеряли по глубинам 0 – 0,05, 0,05 – 0,1, 0,1 – 0,2 м через 2 – 3 дня термометрами Савинова на двух несмежных повторениях. Максимальную, срочную и минимальную температуру на поверхности почвы определяли в те же сроки.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Многолетними исследованиями установлено, что в среднем за вегетационный период температура почвы увеличилась по сравнению с контролем от внесения 300 т глины на глубинах 0,05 и 0,1 м на 0,5°, 0,2 м – на 0,2 °С; от внесения 600 т – соответственно на 1,3°, 1,1° и 0,6 °С; 900 т/га – на 1,8°, 1,3° и 0,7 °С. В результате этого торфяная почва получила больше тепла при внесении 300 т глины на глубинах 0,05 и 0,1 м на 53°, 0,2 м – на 21 °С; 600 т – соответственно на 139,1°, 117,7°, 64,2 °С; 900 т/га – на 192,6°, 139,1° и 74,9 °С.

При внесении глины повышение температуры происходит постепенно, начиная с весенних месяцев, достигая максимума к середине лета и снижаясь к осени. Например, увеличение температуры почвы на глубине 0,1 м от внесения 600 т/га глины составляет: в мае 0,7°, в июне 1,3°, в июле 1,7° и в августе 1,0 °С. При внесении 300 и 900 т/га глины сохраняется аналогичная зависимость.

Важно отметить, что с увеличением нормы глины существенно возрастает сокращение сроков весеннего перехода температуры через 10 °С. Так, если на глубине 0,05 м добавление 300 т глины практически не оказало влияния на срок перехода температуры через 10 °С, то при внесении 900 т/га она достигала этой величины на 5 суток раньше. Еще более существенное значение эта величина имеет на глубине 0,1 м – соответственно 4 и 11 суток. Аналогичная зависимость сохраняется на глубине 0,2 м [20, 21, 22].

Данный факт убедительно свидетельствует о повышении теплопроводности торфа при внесении минерального грунта. Повышение теплопроводности почвы обеспечивает снижение температуры на ее поверхности. В среднем за три года в течение вегетационного периода максимальная температура на поверхности почвы от внесения 900 т/га глины была на 1,9 °С ниже, чем на контрольных делянках. При этом максимальное различие (2,1 – 2,3 °С) отмечено в июне – июле, т.е. в период самой высокой температуры воздуха. В конце вегетации (третья декада августа) максимальная температура на поверхности почвы при внесении 600 – 900 т/га глины была ниже на 1 – 1,3 °С ее величины по сравнению с контролем.

Исследованиями установлено, что максимальная температура на поверхности почвы существенно зависит от погодно-климатических условий. Например, средняя температура воздуха в течение вегетационного периода 2009 г. составила 14,3 °С (норма 15,0 °С), осадков выпало 409,6 мм (175,5% к норме). Влажность почвы в течение практически всего вегетационного периода 2009 г. на контрольных делянках была близка к величине наименьшей влагоемкости. При внесении высоких норм глины (600 – 900 т/га) она снижалась на 10 – 15 % к контролю. В результате снижения теплоемкости на поверхности почвы при внесении 900 т/га глины максимальная температура в среднем за вегетацию составила 26,3°, что на 1,1 °С ниже, чем в контроле. Максимальная разница (2,9 °С) отмечена в июне. В течение вегетационного периода 2010 г. осадков выпало 277 мм (118,7 % к норме). В июле – августе температура воздуха была ниже, чем в 2009 г., на 1,8 – 2,4 °С, что отстает от нормы на 1,4 – 2,7 °С. В результате низкой температуры воздуха максимальное ее значение на поверхности почвы в контроле было на 2,0 °С меньше по сравнению с предыдущим годом. На делянках с внесением 600 – 900 т/га глины снижение к контролю составило соответственно 0,8 – 1,6 °С (табл. 1).

Внесение 300 т/га глины во влажные годы с низкой температурой воздуха не оказывает положительного влияния на снижение максимальной температуры на поверхности почвы.

Таблица 1

**Среднедекадная максимальная температура на поверхности торфяной почвы в течение вегетационного периода (среднее за 3 года), °С**

Месяц	Декада	Контроль	Глина, т/га		
			300	600	900
Май	III	27,8	28,2	27,6	26,3
Июнь	I	26,0	26,2	24,5	23,9
	II	28,7	29,8	28,0	28,0
	III	28,6	29,9	25,1	24,5
Июль	I	33,1	34,4	31,0	29,4
	II	28,0	29,3	27,7	27,7
	III	27,6	28,8	25,9	25,5
Август	I	23,3	23,8	22,1	22,3
	II	24,6	24,1	23,8	23,2

	III	20,8	20,6	19,8	19,5
Сентябрь	I	17,2	17,1	16,2	16,5
	II	22,8	21,9	19,1	19,7
	III	27,6	26,3	24,0	24,4

Применение глины сводило до минимума или полностью предотвращало радиационные заморозки на поверхности почвы в летний период (табл. 2).

Максимальное количество заморозков было отмечено в 2010 г., когда на контрольных делянках отрицательная температура на поверхности почвы была зафиксирована пять раз в третьей декаде мая и четыре раза в первой декаде июня. Самые сильные заморозки на контрольных делянках отмечены 20 мая (- 3,6 °С) и третьего июня (- 4,8 °С), в то время как на делянках, где было внесено 900 т/га глины, температура составляла – 2,4 и 0,1 °С.

Таблица 2

**Влияние глины на величину заморозка на поверхности почвы, °С**

Год	Дата	Контроль	Глина, т/га		
			300	600	900
2009	23.V	- 1,8	- 1,2	- 1,2	- 0,9
	26.V	- 4,6	- 1,7	- 1,4	- 1,2
	30.V	- 1,3	- 0,6	- 0,7	- 0,6
	5.VI	- 1,8	- 0,3	0,2	0,3
	6.VI	- 1,2	- 0,5	- 0,2	- 0,1
	9.VI	- 1,5	- 0,6	- 0,5	- 0,3
2010	19.V	- 2,9	- 2,7	- 2,1	- 2,7
	20.V	- 3,6	- 3,4	- 2,8	- 2,4
	21.V	- 2,6	- 0,5	- 0,3	- 0,1
	27.V	- 2,8	- 1,4	- 0,9	0,1
	28.V	- 2,0	- 0,6	- 0,4	1,0
	2.VI	- 1,2	2,4	2,6	2,4
	3.VI	- 4,8	- 0,2	-	0,1
	6.VI	- 1,5	1,2	2,5	2,1
	10.VI	- 1,5	2,2	4,0	5,0

Важно отметить, что при внесении повышенных норм глины (600 и 900 т/га) в июне не было отмечено ни единого случая снижения температуры на поверхности почвы ниже 0 °С. Это указывает на то, что на контрольных делянках и при внесении 300 т/га глины потери тепла поверхностью торфяной почвы восполняются его притоком из нижних слоев в меньшей степени, чем

при повышенных нормах. Данный вывод согласуется с результатами определения минимальной температуры на поверхности почвы.

Следует отметить, что при внесении всех норм глины минимальная температура на поверхности почвы была в среднем за вегетацию выше на 0,4 – 1,4 °С, чем в контроле (табл. 3).

Таблица 3

**Среднедекадная минимальная температура на поверхности торфяной почвы в течение вегетационного периода (среднее за 3 года), °С**

Месяц	Декада	Контроль	Глина, т/га		
			300	600	900
Май	III	2,7	4,1	4,0	4,1
Июнь	I	0,2	1,9	2,6	2,6
	II	4,9	6,1	8,2	8,1
	III	5,4	7,0	7,4	7,3
Июль	I	11,3	11,5	11,9	12,3
	II	8,5	9,1	9,9	9,7
	III	9,3	9,6	9,9	9,7
Август	I	8,5	9,3	9,8	10,0
	II	10,7	10,4	11,5	11,8
	III	4,9	4,9	5,8	5,9
Сентябрь	I	8,4	8,8	8,5	9,3
	II	4,1	5,1	5,8	5,9
	III	3,1	3,4	3,8	3,8

Максимальная величина (1,4 °С) установлена на варианте с внесением 900 т/га глины. Наибольшие различия в минимальной температуре поверхности почвы получены в первую половину вегетации. Так, в третьей декаде мая разница по сравнению с контролем на вариантах с внесением глины составила 1,3 – 1,4°, в июне – 1,5 – 2,6°, в июле – 0,4 – 0,9°, в августе – 0,2 – 1,2 °С.

Для торфяной почвы характерны значительные суточные амплитуды температуры на ее поверхности. В конце мая они составляют в среднем 25,1°, в июне 23,2 – 25,8°, в июле 18,3 – 21,8°, в августе 13,9 – 15,9 °С. В отдельные дни амплитуды достигают 40 – 50 °С. Внесение 600 – 900 т/га глины уменьшает амплитуду среднесуточной температуры на поверхности почвы в среднем за вегетацию на 3,3 – 3,5 °С. В июне снижение амплитуды по отношению к контролю максимально, которое составляет 4,5 – 4,8 °С (табл. 4).

Таблица 4

**Амплитуда среднесуточной температуры на поверхности торфяной почвы в течение вегетационного периода (среднее за 3 года), °С**

Месяц	Декада	Контроль	Глина, т/га		
			300	600	900
Май	III	25,1	24,1	23,6	22,2
Июнь	I	25,8	24,3	21,9	21,3
	II	23,8	23,7	19,8	19,9
	III	23,2	22,9	17,7	17,2
Июль	I	21,8	22,9	19,1	17,1
	II	19,5	20,2	17,8	18,0
	III	18,3	19,2	16,0	15,8
Август	I	14,8	14,5	12,3	12,3
	II	13,9	13,7	12,3	11,4
	III	15,9	15,7	14,0	13,6

По мере прогревания почвы суточная амплитуда снижается на всех изучаемых вариантах. Без внесения грунта она сокращается с мая по конец августа в 1,7 раза, с использованием 600 – 900 т/га глины – в 1,8 раза.

Таблица 5

**Урожайность зеленой массы овса на торфяной почве в зависимости от нормы внесения глины, т/га**

Вариант	Год		Среднее	Прибавка к контролю
	2008	2009		
Контроль	21,70	19,68	20,69	-
Глина, т/га:				
300	28,60	27,26	27,93	+ 7,24
600	30,05	28,70	29,37	+ 8,68
900	30,15	30,77	30,46	+ 9,77
НСР <sub>05</sub>	1,31	1,14		

Улучшение микроклимата торфяной почвы оказало положительное влияние на урожайность зеленой массы овса (табл. 5). Максимальная прибавка 9,77 т/га (47,2 %) получена при внесении 900 т/га глины. При этом следует отметить, что увеличение нормы глины с 300 до 900 т/га повышает урожайность зеленой массы овса на 2,53 т/га (9,0%).

**Заключение.** Осушаемые торфяные почвы из-за специфических тепловых свойств торфа обладают неудовлетворительным тепловым режимом

для успешного возделывания многих сельскохозяйственных культур. Плохая теплопроводность торфа и сильная отдача тепла поверхностными слоями является основной причиной частых радиационных заморозков. Темный цвет торфяных почв способствует сильному поглощению тепла и перегреву их в солнечные дни (до 50 °С), в связи с чем для торфяных почв характерна большая амплитуда суточных колебаний температур (13,9 – 25,8 °С).

Внесение глины в торфяную почву изменяет тепловые свойства торфа, улучшает теплообмен между поверхностью и более глубокими слоями почвы, повышает температуру в 0,2 – метровом слое на 0,35 – 1,3 °С в среднем за вегетацию, уменьшает амплитуду суточных колебаний температуры на 3,3 – 3,5 °С, практически исключает возможность появления радиационных заморозков.

Улучшение микроклимата торфяной почвы за счет внесения глины оказывает положительное влияние на урожайность зеленой массы овса. Максимальная прибавка 9,77 т/га (47,2%) получена при внесении 900 т/га глины. Увеличение нормы глины с 300 до 900 т/га повышает урожайность зеленой массы овса незначительно (2,53 т/га, 9%).