

Научная статья

УДК 631.445.12:631.436

doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-24-28

Оттаивание торфяных почв Северного Зауралья

Александр Севостьянович Моторин

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья

Аннотация. Исследования проведены в подтаёжной и лесостепной зонах Северного Зауралья. В результате исследований установлено, что оттаивание обрабатываемой торфяной почвы начинается в среднем на 5 дней раньше, а заканчивается на 13–57 дней позже осушаемой необрабатываемой почвы. Способствует этому малая глубина промерзания неосвоенной почвы за счёт сохранения естественной растительности. Показано, что снижение уровня грунтовых вод с 0,5 до 1,5 м в осенне-зимний период ускоряет оттаивание торфяной почвы практически в два раза. Достигается это снижением накопления влаги в мёрзлом слое с 99 % ПВ при УГВ 0,5 м до 53 % ПВ при УГВ 1,5 м. Для обеспечения минимального накопления холода в виде льда, а следовательно, и минимальных затрат на его оттаивание необходимо для торфяных почв устанавливать норму осушения не только для вегетационного периода, но также и к началу промерзания. Характерной особенностью в оттаивании торфяной почвы является его продолжительность, связанная с низкой интенсивностью нарастания суммы положительных температур воздуха. Для полного разморозки интенсивно осушаемой торфяной почвы (УГВ 1,5–2,0 м) требуется накопление 665–884 °С среднесуточных положительных температур, экстенсивно осушаемой (УГВ 0,5 м) – на 60–200 °С больше. Увеличение предзимней влажности почвы в слое 0,3 м с 0,4 до 0,65 НВ при уровне грунтовых вод 1,81 и 1,85 м снижает глубину промерзания на 0,2 м (38,9 %), сроки разморозки возрастают на 8 дней. На открытых участках мерзлота исчезает на 2–3 недели раньше, чем на занятых растительностью. Внесение в торфяную почву добавок минерального грунта (300 т/га) сокращает оттаивание на 4–9 дней в остро-засушливые и на 8–11 дней во влажные годы. Более быстрое оттаивание под влиянием минерального грунта приводит к созданию условий для обработки почвы на 5–7 дней раньше.

Ключевые слова: торфяная почва, оттаивание, предзимняя влажность, грунтовые воды, температура воздуха.

Для цитирования: Моторин А.С. Оттаивание торфяных почв Северного Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 24–28. doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-24-28.

Original article

Thawing of peat soils in the Northern Trans-Urals

Alexander S. Motorin

Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals

Abstract. The studies were carried out in the subtaiga and forest-steppe zones of the Northern Trans-Urals. As a result of the research, it was found that thawing of the cultivated peat soil begins on average 5 days earlier, and ends 13–57 days later than the drained uncultivated soil. This is facilitated by the shallow depth of freezing of undeveloped soil due to the preservation of natural vegetation. It is shown that a decrease in the groundwater level from 0,5 to 1,5 m in the autumn-winter period accelerates the thawing of peat soil almost twice. This is achieved by reducing the accumulation of moisture in the frozen layer from 99 % WW at a GWL of 0,5 m to 53 % WW at a GWL of 1,5 m. To ensure the minimum accumulation of cold in the form of ice, and therefore the minimum costs for its thawing, it is necessary for peat soils set the drainage rate not only for the growing season, but also by the beginning of freezing. A characteristic feature of the thawing of peat soil is its duration, associated with a low rate of increase in the sum of positive air temperatures. For complete freezing of intensively drained peat soil (GWL 1,5–2,0 m), accumulation of 665–884 °C of average daily positive temperatures is required, extensively drained (GWL 0,5 m) – 60–200 °C more. An increase in pre-winter soil moisture in the 0.3 m layer from 0,4 to 0,65 HB at a groundwater level of 1,81 and 1,85 m reduces the freezing depth by 0,2 m (38,9 %), the freezing time increases by 8 days. In open areas, permafrost disappears 2–3 weeks earlier than in those occupied by vegetation. The introduction of mineral soil additives into the peat soil (300 t/ha) reduces thawing by 4–9 days in severely arid years and by 8–11 days in wet years. Faster thawing under the influence of mineral soil leads to the creation of conditions for soil cultivation 5–7 days earlier.

Keywords: peat soil, thawing, pre-winter moisture, groundwater, air temperature.

For citation: Motorin A.S. Thawing of peat soils in the Northern Trans-Urals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 88(2): 24–28. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-24-28.

Своеобразие почвенно-климатических условий Западной Сибири формирует длительное сезонное промерзание и оттаивание осушаемых торфяных почв [1–4]. Под влиянием осушения кратковременные мерзлотные целинные торфяные почвы трансформируются в длительные

сезонно-мерзлотные [5]. Характерной особенностью в оттаивании является длительность этого процесса, связанная с исходной перед снеготаянием влажностью мёрзлой почвы и малой интенсивностью нарастания положительных температур воздуха [6, 7]. В Барабе сроки оттаи-

вания болот затягиваются до конца мая – начала июня на неосушенных болотах и до середины июня – августа на осушенных [8]. Глубина промерзания торфяной почвы на Среднем Урале составляет 0,4–0,7 м, оттаивание происходит в первой декаде июня [9]. Вследствие медленного оттаивания почвы весной вегетационный период культур на осушенных болотах сокращается на 25–30 дней [10, 11]. Если торфяная почва перед промерзанием не насыщена влагой, то она хотя и промерзает на большую глубину, чем насыщенная с осени до полной влагоёмкости, но весной оттаивает раньше. Более быстрое оттаивание торфяных почв, замёрзших в ненасыщенном влагой состоянии, объясняется лучшим теплообменом за счёт большей фильтрации тёплой полой воды и лучшей циркуляции в свободных ото льда порах тёплого воздуха [12].

В зоне Северного Зауралья проведено незначительное количество исследований по особенностям оттаивания осушаемых торфяных почв, несмотря на важное значение данной проблемы [13, 14]. В связи с этим были проведены многолетние исследования по данному вопросу.

Цель исследования – установить влияние уровня залегания грунтовых вод, предзимней влажности, температуры воздуха и добавок минерального грунта на оттаивание торфяной почвы.

Материал и методы. Исследования проводились поэтапно. В 1973–1977 гг. в подтаёжной зоне Тюменской области на низинном болоте Ернякуль. Болото Ернякуль площадью 11 тыс. га расположено в Юргинском районе на водоразделе рек Тобола и Вагая, который в геоморфологическом отношении представляет собой аккумулятивную четвертичную равнину. Территория данного геоморфологического уровня сильно заболочена ввиду слабой дренированности. Осушение проведено на площади 2400 га сетью открытых каналов глубиной 1,5–1,7 м с расстоянием между ними 200 и 400 м. Мощность торфяной залежи 1,5 м; основные торфообразователи – осоки, тростник, гипновые мхи, шейхцерия. Степень разложения торфа находится в пределах 10–35 % в верхних горизонтах (0...0,4 м), в нижних 20–45 %. Плотность сложения 0,133–0,154 г/см³, наименьшая влагоёмкость (НВ) метрового слоя равна 662 мм, или 72 % полной влагоёмкости (ПВ), а зоны активного влагообмена (0,5 м) – 317 мм [15].

Опытно-мелиоративная система Решетниково расположена в Тюменском районе в центральной части Тарманского болотного массива, занимающего площадь 125,8 тыс. га на второй озёрно-аллювиальной террасе р. Туры. Исследования проводились (1986–1989, 2010–2018 гг.) на среднемощной (слой торфа 1,5 м) торфяной почве. Осушение проведено сетью открытых каналов с расстоянием между ними 200 м и глубиной 1,5–1,7 м. Растениями-торфообразователями по-

служили осоки, тростник, гипнум и др. Неравномерность увлажнения в процессе генезиса болота обусловила чередование слаборазложившегося торфа (20–25 %) с горизонтами средней степени разложения (35–45 %). Плотность сложения – 0,137–0,187 г/см³, наименьшая влагоёмкость в полуметровом слое – 308,5 мм (69 % ПВ).

Было заложено 12 лизиметров со среднемощной торфяной почвой, площадь одного равнялась 1,1 м². Грунтовые воды в лизиметрах в течение года поддерживались на уровнях 0,5; 1,0; 1,5 м. С целью изучения влияния вневегетационного положения грунтовых вод были использованы двухметровые лизиметры, где в осенне-зимний период поддерживался уровень грунтовых вод 2,0 м, летом – 1,0 м. Повторность уровня грунтовых вод трёхкратная. В поле и на лизиметрах в первые два года выращивали овёс на зелёную массу. После этого проводили беспокровный посев многолетних трав (кострец безостый + овсяница луговая) [14].

Для наблюдения за уровнем грунтовых вод на опытных участках были пробурены скважины глубиной 2,5–3,0 м. Уровень залегания грунтовых вод измеряли хлопущкой в течение всего года. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом перед замерзанием в конце октября и перед снеготаянием в конце марта – начале апреля. Глубину промерзания измеряли ежелекдно мерзлотомерами Данилина, в конце зимнего периода – дополнительно буром АМ-16. Высоту снежного покрова определяли мерной рейкой ежелекдно, интенсивность оттаивания – металлическим щупом через 2–3 дня.

Результаты исследования. Согласно результатам наблюдений на болоте Ернякуль оттаивание торфяных почв начиналось в конце марта – начале апреля с наступлением устойчивых положительных температур воздуха. Сроки начала оттаивания варьировали по годам несущественно, но даты полного разморзания изменялись в значительных пределах. Это зависит в первую очередь от гидротермических условий весеннего периода, толщины мёрзлого слоя почвы, её влажности и температуры. Оттаивание обрабатываемой торфяной почвы начинается в среднем на 5 дней раньше, однако заканчивается на 13–57 дней позже, чем осушаемой необрабатываемой почвы с сохранением естественной болотной растительности. Это связано с ухудшением тепловых свойств осушаемой обрабатываемой почвы (табл. 1). Основной причиной является уменьшение запасов воды в обрабатываемой почве и вызванное этим изменение теплоёмкости и теплопроводности.

Твёрдая фаза в этих почвах занимает ничтожный объём, и поэтому теплофизические свойства обуславливаются соотношением влаги и воздуха. Так, заполнение влагой всех пор от 60 до 100 %

увеличивает коэффициент теплопроводности в минеральных грунтах в 1,09 раза, а в торфяных – в 2,5 раза [16]. После обработки торфяной почвы и значительного снижения влажности верхнего слоя 0–10 см создаётся воздушная «изолирующая подушка», которая способствует снижению коэффициента теплопроводности и препятствует проникновению тепла в торфяную почву.

Объём накопившейся влаги в мёрзлом слое влияет на скорость оттаивания торфяной почвы и, следовательно, на температурный режим в корнеобитаемой зоне. Например, скорость оттаивания на лизиметрах с глубиной грунтовых вод 1,5 м (влажность почвы в конце зимы составляла в мёрзлом слое 53 % ПВ) была практически в 2 раза выше, чем на лизиметрах, где зимой УГВ поддерживался 0,5 м (влажность почвы на конец зимы составляла 99 % ПВ). Полностью почва на лизиметрах с УГВ 0,5 м оттаивала на месяц позже, чем на лизиметрах с УГВ 1,5 м. (табл. 2). В зависимости от гидротермических характеристик мёрзлой почвы и интенсивности нарастания теплового потока для полного размерзания интенсивно осушаемой торфяной почвы требовалось накопление среднесуточных положительных температур воздуха, равное 665–884 °С.

Для оттаивания экстенсивно осушаемой почвы необходимо, чтобы эта сумма была на 60–200 °С больше. Характерной особенностью в оттаивании торфяной почвы является про-

должительность процесса, связанная с низкой интенсивностью нарастания суммы положительных температур воздуха. Процесс размерзания происходит в основном сверху и незначительно снизу за счёт тепла более глубоких почвенных горизонтов.

Лизиметрическими исследованиями установлено, что для обеспечения минимального накопления холода в виде льда, а следовательно, и минимальных затрат тепла на его оттаивание необходимо для торфяных почв устанавливать норму осушения не только для вегетационного периода, но также и к началу промерзания.

Результаты полевых исследований подтвердили данные, полученные на лизиметрах (табл. 3). При низкой предзимней влажности почвы (0,4 НВ) глубокое зимнее положение грунтовых вод увеличивает промерзание почвы почти в 2 раза по сравнению с близким к поверхности, а сроки оттаивания сокращают на 18 дней. Повышение предзимней влажности с 0,4 до 0,65 НВ при равном уровне грунтовых вод (1,81–1,85 м) снижает глубину промерзания на 0,21 м (38,9 %), сроки размерзания возрастают на 8 дней. Причина этого – высокая влажность почвы увеличивает теплоёмкость, что повышает расход тепла на нагревание и оттаивание.

Исследования показали, что на открытых участках мерзлота исчезает на 2–3 недели раньше, чем на занятых растительностью, т.к. возделываемые культуры закрывают поверхность

1. Динамика оттаивания торфяной почвы (Ернякуль), м [14]

Место определения	Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Обрабатываемый участок	1973	–	0,38	0,53	0,55	протаяло 20.07
Обрабатываемый участок	1974	0,19	0,35	0,49	0,61	протаяло 18.07
Необрабатываемый участок	1974	0,17	0,22	0,27		протаяло 05.07
Обрабатываемый участок	1975	0,25	0,29	0,43	0,57	протаяло 03.08
Необрабатываемый участок	1975	0,15	0,27			протаяло 07.06
Обрабатываемый участок	1976	0,14	0,31	0,44	0,62	протаяло 23.08
	1977	0,17	0,35	0,52		протаяло 01.07

2. Оттаивание торфяной почвы в зависимости от уровня грунтовых вод (среднее за 4 года, Решетниково) [13]

Месяц	Декада	Уровень грунтовых вод, м				
		0,5	1,0	1,5	1,0–2,0	в поле
Апрель	I	4	5	5	3	5
	II	7	7	7	8	9
	III	15	17	24	23	20
Май	I	20	24	34	34	28
	II	25	26	41	38	31
	III	32	32	48	42	41
Июнь	I	34	38	от.	от.	48
	II	36	39	–	–	53
	III	42	от.	–	–	от.
Июль	I	от.	–	–	–	–
	II	от.	–	–	–	–

3. Влияние уровня грунтовых вод и предзимней влажности в слое 0,3 м на глубину промерзания и оттаивание торфяной почвы (Решетниково)

Год	Уровень грунтовых вод, м	Предзимняя влажность, доли НВ	Глубина промерзания, м	Оттаивание, дата	
				начало	окончание
2011	1,81	0,40	0,75	02.04	03.06
2012	1,62	0,56	0,64	04.04	09.06
2014	1,85	0,65	0,54	03.04	11.06
2015	1,44	0,82	0,45	06.04	15.06
2018	1,03	1,12	0,40	05.04	21.06

и тем самым уменьшают величину теплового потока. На участках с высокой влажностью в мёрзлом слое (0,8–1,1 НВ) под многолетними травами в острозасушливые годы оттаивание заканчивается в первой половине сентября.

На скорость оттаивания существенное влияние оказывают осадки, особенно в летний период, когда мерзлота находится на глубине 0,25–0,30 м. В период дождей интенсивность процесса оттаивания возрастает в 3–4 раза и достигает 1,2–1,5 см в сутки. В сухое время скорость оттаивания не превышает 0,2–0,3 см в сутки.

Внесение в торфяную почву добавок минерального грунта способствует более интенсивному ее оттаиванию. Сроки полного оттаивания сокращаются на 4–9 дней в острозасушливые и на 8–11 дней во влажные годы (табл. 4). Одной из причин повышения скорости оттаивания почвы во влажные годы является тепло, приносимое с осадками. Более быстрое оттаивание под влиянием минерального грунта приводит к созданию условий для обработки почвы на 5–7 дней раньше, чем в контроле.

4. Промерзание и оттаивание торфяной почвы при внесении добавок минерального грунта (по 300 т/га) (среднее за три года, Ернякуль) [13]

Вариант	Глубина промерзания, м	Дата полного разморозания	Средняя скорость оттаивания, см/сут
Контроль	0,69	04.08	0,6
Глина	0,76	25.07	0,7
Песок	0,78	22.07	0,8
Лугово-болотная почва	0,78	25.07	0,7

В настоящее время нет решений, учитывающих всё многообразие природных и антропогенных воздействий на оттаивание почвы. Поэтому целесообразно применять региональные разработки, учитывая условия конкретного природного объекта, опирающиеся на метеорологические данные. Имеется тесная связь между глубиной оттаивания почвы и суммой положительных температур, описываемая формулой, которая может

быть использована для прогнозирования сроков оттаивания торфяных почв в зоне осушения Северного Зауралья:

$$H = 0,032 \sum t > 0 + 18,5,$$

где H – глубина оттаивания, м;

$\sum t > 0$ – сумма среднесуточных положительных температур, °С.

Выводы

1. Оттаивание обрабатываемой торфяной почвы начинается в среднем на 5 дней раньше (I декада апреля), заканчивается на 13–57 дней позже осушаемой необрабатываемой почвы с сохранением естественной травянистой и кустарниковой растительности.

2. Снижение уровня грунтовых вод с 0,5 до 1,5 м в осенне-зимний период ускоряет оттаивание торфяной почвы практически в 2 раза за счёт меньшего накопления влаги в мёрзлом слое. Для обеспечения минимального накопления холода в виде льда, а следовательно, и минимальных затрат тепла на его оттаивание необходимо для торфяных почв устанавливать норму осушения не только для вегетационного периода, но также и к началу промерзания.

3. Характерной особенностью в оттаивании торфяной почвы является её продолжительность, связанная с низкой интенсивностью нарастания суммы положительных температур воздуха. Для полного разморозания интенсивно осушаемой торфяной почвы (1,5–2,0 м УГВ) требуется накопление 665–884 °С среднесуточных положительных температур, экстенсивно осушаемой (0,5 м УГВ) – на 60–200 °С больше.

4. Увеличение предзимней влажности почвы в слое 0,3 м с 0,4 до 0,65 наименьшей влагоёмкости при уровне грунтовых вод 1,81 и 1,85 м снижает глубину промерзания на 0,2 м (38,9 %), сроки разморозания возрастают на 8 дней.

5. На открытых участках мерзлота исчезает на 2–3 недели раньше, чем на занятых растительностью. На участках с высокой влажностью в мёрзлом слое (0,8–1,1 НВ) под многолетними травами в острозасушливые годы оттаивание заканчивается в первой половине сентября.

6. Внесение в торфяную почву добавок минерального грунта (300 т/га) сокращает оттаивание на 4–9 дней в острозасушливые и на 8–11 дней

во влажные годы. Более быстрое оттаивание под влиянием минерального грунта приводит к созданию условий для обработки почвы на 5–7 дней раньше.

Литература

1. Скрынникова И.Н. Некоторые проблемы мелиорации и сельскохозяйственного использования торфяных почв в СССР // Материалы X Международного конгресса почвоведов. М.: Колос, 1977. С. 161–174.
2. Бушина О.Н., Глушкова Н.И. Теплофизические свойства низинных мерзлотных торфов в связи с их осушением // Особенности гидротехнического и мелиоративного строительства в Сибири. Красноярск, 1978. С. 49–55.
3. Бишоф Э.А. Промерзание и оттаивание низинных болот Барабы и влияние мерзлоты на сохранность и работоспособность осушительной сети // Сборник научных трудов СевНИИГиМа. Вып. 29. Новосибирск, 1969. С. 44–85.
4. Моторин А.С. Промерзание торфяных почв Северного Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 9–14.
5. Зайдельман Ф.Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.
6. Новохатин В.В. Динамика промерзания и оттаивания осушаемых почв на болотных ландшафтах Западной Сибири // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. №3. С. 40–44.
7. Баранов В.М., Дальков М.П. Водно-тепловой режим болота «Мостовское» Свердловской области //

Мелиорация земель Урала. Л., 1975. Вып. 2. С. 164–167.

8. Орловский Н.В. Исследования по генезису, солевому режиму и мелиорации солонцов и других засоленных почв Барабинской низменности // Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. 1955. Т. 47. С. 226–409.

9. Кокшаров В.П. Научные основы картофелеводства Среднего Урала.: Свердловск, 1989. 219 с.

10. Ныгес Т. Микроклимат расположенных на низинных болотных почвах культурных сенокосов // Интенсификация использования осушенных торфяных почв в Эстонии. Таллин, 1987. С. 105–112.

11. Козловский Ф.И. Особенности теплового режима торфяно-болотных почв Барабы при сельскохозяйственном освоении // Бюллетень научно-исследовательских работ Убинской ОМС. Новосибирск, 1957. № 2. С. 18–27.

12. Жданова Е.И. Влияние зимнего периода на водный и тепловой режимы осушаемых земель: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1964. 21 с.

13. Калинин В.М., Моторин А.С. Водный баланс и режим осушаемых низинных торфяников Западной Сибири. Новосибирск, 1995. 176 с.

14. Моторин А.С. Торфяные почвы Западной Сибири и их плодородие. Новосибирск: Наука, 2019. 336 с.

15. Моторин А.С. Изменение физико-химических свойств торфяных почв Северного Зауралья при сельскохозяйственном использовании // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 16–18.

16. Инишева Л.И., Голубина О.А., Инишев Н.Г. Эвтрофное болото, характеристика и гидротермический режим // Инновационные технологии в мелиорации. М.: Изд-во ВНИИА, 2011. С. 394–398.

Александр Севостьянович Моторин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Россия, 625501, Тюменская область, Тюменский р-н, пос. Московский, ул. Бурлаки, 2, a.s.motorin@mail.ru

Alexander S. Motorin, Doctor of Agriculture, Professor. Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – a branch of the Federal Research Centre of the Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2, Burlaki St., pos. Moscow, Tyumen district, Tyumen region, 625501, Russia, a.s.motorin@mail.ru