

УДК 550.361.4 + 58.056

**ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ
ВЕРХОВОГО БОЛОТА СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ****Махатков И.Д., Ермолов Ю.В.***ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии» СО РАН, Новосибирск, e-mail: makhatkov@mail.ru*

В статье приводятся результаты многолетних наблюдений за температурой деятельного слоя почвы верхового болота в северной тайге Западной Сибири. Обсуждаются особенности местного климата, влияющие на формирование температурного режима почв и общие характеристики температурного режима, особенности годового и суточного хода температур, величины теплообеспеченности болотной почвы. Отмечается сходство температурного режима болотной почвы подзон северной и южной тайги.

Ключевые слова: торфяная почва; годовой и суточный ход температуры; северная тайга**THE THERMAL REGIME OF ACTIVE LAYER
OF PIT-COVERED TERRAIN IN NORTHERN TAIGA****Makhatkov I.D., Ermolov Y.V.***Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Novosibirsk, e-mail: makhatkov@mail.ru*

The results of perennial surveys on thermal regime of active layer of pit-covered terrain in northern taiga of West Siberia are submitted in the following article. The common features of the local climate and pit soil temperature regime such as annual and diurnal variations of temperature and heat supply of pit-covered terrain are discussed. The common features of bogs soil temperature regime in zones of northern and south taiga is noted.

Keywords: pit soil; annual and daily temperature fluctuation; northern taiga

Температурный режим и теплообеспеченность почв, в том числе и болотных – один из определяющих факторов структуры и функционирования фитоценозов. В этом отношении наиболее важны тепловые свойства верхнего, деятельного слоя. Если традиционно основное внимание изучению физических режимов почвенного покрова в основном было сконцентрировано в южных, сельскохозяйственных районах, то по мере освоения Севера Западной Сибири изучение температурных режимов болотных почв становится актуальными в связи с возникающими проблемами разработки приемов рекультивации [5], в том числе и методов микробиологической рекультивации [8]. Между тем, сведения о температурном режиме болот в целом, а в особенности северных территорий, представлены фрагментарными исследованиями. В частности, температурный режим выпуклых олиготрофных болот Западной Сибири был изучен в летний период в наиболее типичных пунктах с 1965 по 1973 г., что позволило получить общие характеристики температурного режима деятельного слоя торфяной залежи, составляющего на буграх олиготрофных болот 22 см, а в мочажинах – 16 см верхнего слоя торфяной залежи [1]. Вблизи северного предела распространения талых олиготрофных болот также проводились летние исследования

температурного режима торфяной залежи, но объектом изучения были мерзлые плоскобугристые болота [1, 2].

Целью нашей работы стала общая характеристика температурного режима деятельного слоя выпуклых олиготрофных болот северной тайги у северного предела их распространения.

Материалы и методы исследования

Наблюдения температурного режима проводились на болотах северной тайги в центральной части Сибирских Увалов, в районе г. Ноябрьска. Для верхних болот плоских локальных водоразделов территории характерно чередование двух преобладающих типов – мерзлых плоскобугристых болот, доминирующих севернее в зонах лесотундры и южных тундр [6], и талых плоско-выпуклых олиготрофных сфагновых болот Сургутской области подзоны озерково-грядово-мочажинных болот [7], свойственных подзонам средней и южной тайги. Последние, в условиях северной тайги не имеют выраженного выпуклого профиля.

Оба типа болот имеют хорошо выраженный бугорково-мочажинный микрорельеф, и связанную с ним комплексность растительного покрова. Бугры талых верхних болот, как правило, имеют нечеткие границы и пологие борта, заняты преимущественно кустарничково-сфагновыми сообществами с доминированием Сфагнума бурого. На буграх встречаются низкорослые сосны, режа – кедр и береза. Талые болота, как правило, облесены в большей степени, на мерзлых плоскобугристых болотах обычно встречаются только единичные деревья. В северной тайге торфяная залежь болот на буграх около 1–1,5 м.

Для измерения температуры использовались программируемые термодатчики iButton (Dallas Semiconductor), установленные на глубинах 0 (под очесом сфагновых мхов), 10 и 20 см, и регистрировавшие температуру с точностью 0,5°C каждые 4 часа – в сроки 1, 5, 9, 13, 17 и 21 час. На бугре талого верхового болота наблюдения проводились с 3 октября 2007 г. по 4 сентября 2012 г. Еще один датчик в этот же период измерял температуру воздуха на высоте 200 см.

Температурный режим почвы определяется особенностями климата и погодных условий, общими характеристиками климата, тепловыми ресурсами, особенностями циклических годового и суточного хода температуры приземного воздуха, поступлением солнечной радиации и атмосферной влаги. Для характеристики особенностей местного климата и погодных условий были привлечены данные ближайшей метеостанции г. Ноябрьска.

Результаты исследования и их обсуждение

Особенности местного климата

Наблюдения температуры воздуха на высоте 200 см и данные метеостанции г. Ноябрьск за период с 2007 по 2012 г. проявляют очень тесную связь, корреляция среднесуточных значений составила 0,997, а наблюдений совпадающих сроков, в 9 и 21 час – 0,985 и 0,992, соответственно, что позволяет корректно использовать другие погодные наблюдения метеостанции.

По районированию в строительной климатологии [9] территория относится к подрайону 1Д с продолжительностью холодного периода (температурой воздуха ниже 0°C) 190 дней в году и более. По метеоданным станции Ноябрьск за период наблюдений район работ находится вблизи границы этой зоны: холодный период в 2007 и, особенно, в 2011 г. был короче – 186 и 172 дня соответственно, в остальные годы длиннее, особенно в 2009 и 2012 гг. – 207 и 202 дня соответственно.

По данным за период наблюдений среднегодовая температура воздуха составила $-2,97 \pm 0,14^\circ\text{C}$, показывая значительные годовые отклонения, от $-1,5 \pm 0,27^\circ\text{C}$ в 2011 г., до $-5,63 \pm 0,46^\circ\text{C}$ в 2009 г. При этом зафиксированные максимальные и минимальные температуры воздуха варьировали незначительно. $+26,4\dots+33,6^\circ\text{C}$ и $-38,8\dots-46,7^\circ\text{C}$, соответственно. В целом климат отличается сравнительно низкой теплообеспеченностью, которая чрезвычайно сильно варьирует в разные годы. За период 2007–2012 гг. сумма среднесуточных температур выше 5°C в среднем составила 1568°C , и варьировала от 1170°C в 2010 г., до 1924°C – в 2012 г., а сумма температур выше 10°C составила в среднем 1217°C , и варьировала – от 809°C в 2010 г., до 1630°C – в 2012 г. Продолжительность периода с биологически активными температурами варьирует в мень-

шей степени для температур выше 5°C , при средней продолжительности 126 дней – от 106 до 150 дней, и в большей – для температур выше 10°C – при средней продолжительности 79 дней, от 59 до 96 дней.

За период наблюдений сильно варьировала сумма годовых осадков, от 421 мм в 2009 г., до 1102 мм в 2010 г., составляя в среднем за период наблюдений 741 мм в год. Такое же варьирование характерно и для максимальной мощности снежного покрова на метеостанции, от 35 см в 2011 г., до 103 см в 2007 г., при среднемноголетней – 65 см. Первый снег обычно выпадает в конце сентября – начале октября, а устойчивый снежный покров обычно устанавливается в последней декаде октября. Даты схода снега в разные годы варьируют на много шире, с начала второй декады апреля по первую декаду мая. Снежный период, таким образом, в разные годы за период наблюдений продолжался от 163 до 205 дней.

Наибольшее количество осадков приходится на теплый период. Повышение температуры воздуха начинается в феврале, и усиливается во второй – третьей декаде апреля, достигая максимальных значений в конце мая, которые остаются сравнительно стабильными до середины августа. В это же время увеличивается и количество осадков, которое достигает максимума в августе. Таким образом, из-за особенностей сезонной динамики температуры и осадков первая половина теплого сезона с конца мая по июль обычно теплее и суше второй, прохладной и влажной – с августа по первую половину октября. При быстром снижении среднесуточных температур с сентября по декабрь и более плавном уменьшении количества осадков, большая часть снежного покрова накапливается в первой половине зимнего периода – с первой декады октября до начала декабря. Количество осадков несколько увеличивается только в конце холодного периода – в марте – апреле.

Значительна разнородная изменчивость сезонной динамики увлажнения и хода температуры (рис. 1). Отклонения среднемесячной температуры более характерны для зимнего периода. Зимы 2007–2008 и 2011–2012 гг. были существенно теплее климатической нормы, а зима 2009–2010 гг. – значительно холоднее. Отклонения летних среднемесячных температур от нормы наблюдались в 2010 г. (ниже нормы) и 2012 г. (выше нормы). Летние периоды 2007–2009 гг. были сравнительно теплыми и сухими, особенно весна и лето 2009 г. Летние периоды 2010–2012 гг. были сравнительно влажными, притом, что лето 2010 г. было холодным, а 2012 г. – теплым.

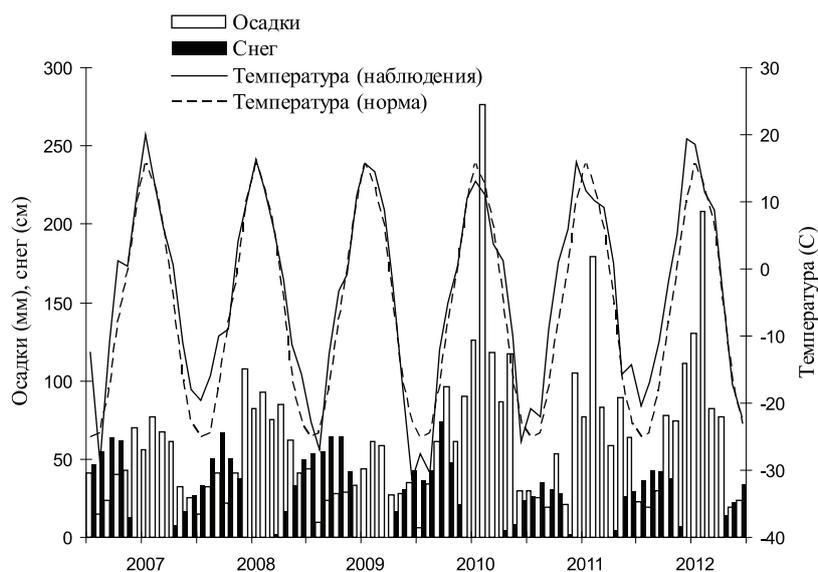


Рис. 1. Среднемесячные климатические показатели за период наблюдений

Одна из особенностей местного климата – большая облачность в течение всего года. За период наблюдений в среднем 183 дня в году, т.е. больше половины, оказалось с облачностью более 90%, а относительно ясная погода со средней за сутки облачностью не больше 30% – только 31 день в году. Ясная погода с облачностью до 20% наиболее часто наблюдается с февраля до апреля, 10–19% наблюдений. С февраля по сентябрь реже всего, около половины наблюдений, бывает сплошная, или почти сплошная облачность, более 80%. В июне и июле сплошная облачность, более 80%, наблюдается только в трети случаев, но и ясная погода в это время бывает крайне редко, только в 7–5% наблюдений. Какие либо изменения облачности в зависимости от времени суток не отмечены. Таким образом, прямая солнечная радиация на температурный режим почвенного покрова в бесснежный период в местных услови-

ях не оказывает существенного влияния даже при отсутствии затенения древесным пологом.

Суточные колебания температуры на протяжении года в среднем составляют около 7°C. Наиболее существенные суточные колебания, в среднем около 9°C, и до 18–19°C, наблюдаются в июле и июне (рис. 2). Существенны суточные колебания и в холодный период, особенно в феврале и марте, в среднем около 8°C, а в отдельные сутки – до 28°C. Наиболее плавным суточным ходом температуры воздуха отличается осень, особенно октябрь, когда суточные колебания в среднем составляют 3,8°C, и не превышают 15°C. В целом годовая динамика суточных колебаний температур воздуха согласуется с динамикой облачности и количеством осадков – в менее пасмурной первой половине года, за исключением мая, суточные колебания температуры выше, чем во второй, особенно в октябре.

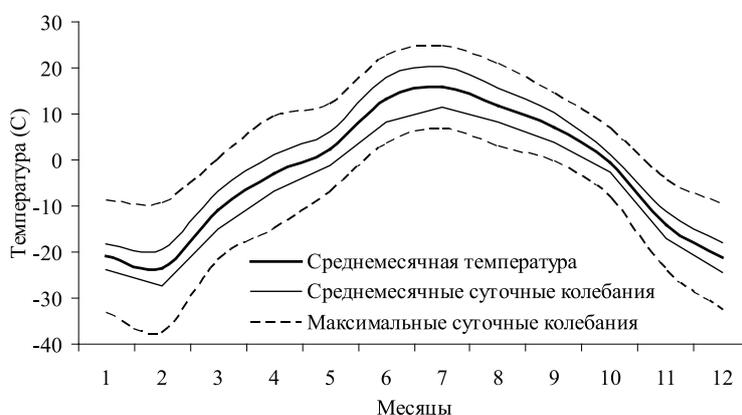


Рис. 2. Среднемесячные суточные колебания температуры воздуха

Особенности местного климата и погодных условий определяют и особенности температурного режима местных почв, в том числе и болотных. К таким особенностям можно отнести в первую очередь низкую теплообеспеченность в бесснежный период, широко варьирующую в разные годы, сравнительно сухую и теплую первую половину летнего периода и влажную и прохладную – вторую. Преобладание пасмурной погоды почти в течение всего года, в том числе и в бесснежный период определяет зависимость температурного режима почв почти исключительно от температуры воздуха, и в меньшей степени – от прямой солнечной радиации, особенно во второй половине бесснежного периода.

Теплообеспеченность почвы и годовой ход температуры

У поверхности почвы суммы активных температур близки к сумме температур воздуха. В 2008, 2010 и 2011 гг., с полными рядами наблюдений температуры почвы, суммы температур $> 5^{\circ}\text{C}$ составили 1419, 1196 и 1575°C , соответственно, а для температур $> 10^{\circ}\text{C}$ – 1095, 810 и 1039°C . С глубиной теплообеспеченность убывает почти линейно, составив в нижней части деятельного слоя (20 см) для температур $> 5^{\circ}\text{C}$ за эти же годы 955, 767 и 1014°C , для температур $> 10^{\circ}\text{C}$ – 696, 208 и 108°C , соответственно. Градиент теплообеспеченности по температурам $> 5^{\circ}\text{C}$ (около 20°C на 1 см) сходен в разные годы, нежели для температур $> 10^{\circ}\text{C}$ (от 7,6 до $46,5^{\circ}\text{C}$ в разные годы и для разных слоев), т.е. прогрев почвы выше 10°C на болоте неустойчив.

Годовой ход температуры болотной почвы в целом следует за ходом температуры воздуха с эффектом запаздывания с увеличением глубины. В зимний, снежный период температура почвы хотя и зависит от температуры воздуха, но даже в холодные зимы 2009–2010 и 2010–2011 гг. среднемесячная температура у поверхности была не ниже $-5,1^{\circ}\text{C}$, при среднемесячной температуре воздуха ниже -30 и -25°C , соответственно. Зафиксированная минимальная среднесуточная температура поверхности почвы $-9,9^{\circ}\text{C}$, а минимальная зафиксированная $-10,5^{\circ}\text{C}$. Более глубокие слои почвы хотя и промерзали в зимний период, но за период наблюдений их среднемесячная температура на глубине 10 см не опускалась ниже $-2,0^{\circ}\text{C}$, а на глубине 20 см – $1,6^{\circ}\text{C}$. Зафиксированные среднесуточные минимальные температуры на этих глубинах $-3,5$ и $-2,0^{\circ}\text{C}$, соответственно. В среднем за период наблюдений среднемесячная температура у поверхности почвы была не ниже $-3,4^{\circ}\text{C}$, на глубине 10 см – $1,4^{\circ}\text{C}$, а на глубине 20 см – $0,8^{\circ}\text{C}$. В снежный период эффект запаздывания температур с увеличением глубины проявляется нечетко, изменение температуры с увеличением глубины незначительно и, начиная с февраля, происходит почти синхронно. Если в начале зимы промерзание почвы у поверхности по среднемесячным значениям наблюдается в ноябре, то на глубине 10 см – обычно в декабре, а на глубине 20 см – только в январе. Оттаивание почвы за весь период наблюдений на всех глубинах происходило синхронно, в мае, реже – в апреле.

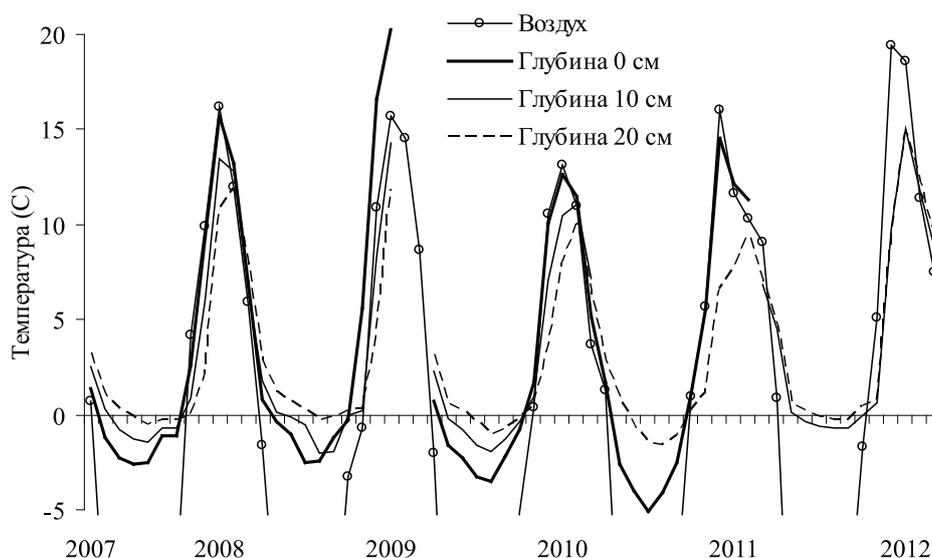


Рис. 3. Среднемесячная температура воздуха и почвы

Вертикальный градиент температур воздуха и почвы меняется в апреле, когда температура воздуха становится выше температуры почвы, и остается таким до июня, реже – июля. В это период среднемесячная температура поверхности почвы ниже температуры воздуха, хотя и незначительно, на 0,2–1,7°C, но в отдельные дни доходя до 4,7–10°C.

Исключение составила весна и первая половина лета 2009 г., когда среднемесячная температура поверхности почвы была значительно, на 6,3°C в мае, и на 4,6°C в июне, выше температуры воздуха. Этот период, с мая по июль 2009 г. отличался аномально малым количеством осадков (рис. 3), 106 мм за три месяца, против 203–315 мм в другие годы, вследствие чего поверхность почвы (сфагновый очес) высох, и прямая солнечная радиация привела к значительному нагреву этого слоя. Следует отметить, что средние показатели облачности в 2009 году не отличались существенно от облачности того же периода других лет наблюдений. Кроме того, нам не удалось обнаружить какой либо надежной зависимости градиента температур поверхность почвы – воздух и облачности в теплый период года, в том числе и в период с апреля по июнь, когда можно было бы ожидать существенный нагрев поверхности почвы в ясную погоду. Иначе говоря, такой, значительный прогрев болотной почвы в местных условиях возможен только в экстремальных условиях, при высыхании верхнего слоя почвы и его изоляции от охлаждающего влияния нижних горизонтов, как это произошло в 2009 г. Прямой нагрев поверхности почвы при нормальном состоянии поверхности болота настолько незначителен, что статистически не обнаруживается.

Максимальный прогрев поверхности почвы наблюдался вместе с максимальными среднемесячными температурами воздуха – в июле, реже – в июне (2011 г.), когда среднемесячные температуры поверхности почвы достигают 12–15°C. В 2009 г., из-за аномально сухой весны и начала лета, среднемесячная температура поверхности почвы в июле достигла 20,3°C, максимальные среднесуточные и отмеченные температуры поверхности составили 30 и 46°C, соответственно. За исключением 2009 г. максимальная среднесуточная температура поверхности 20,9°C, а максимальная отмеченная – 28°C. Ниже, на глубине 10 и 20 см максимальный прогрев наблюдался существенно позже, примерно с задержкой на месяц, в августе, реже – июле (2008 г.). Максимальные среднесуточные температуры этих слоев – от 11,1 до 13,3°C на глубине 10 см, и 9,5 – 11,9°C на глубине 20 см. Отмеченные максимальные среднесуточные температу-

ры на этих глубинах различались несильно, максимальная среднесуточная 18,3 и 17,8°C, максимальные отмеченные – 19,0 и 18,5°C, соответственно. Сходные максимальные температуры отмечены и для олиготрофных грядово-мочажинных болот в междуречье Ваха и Ватинского Егана [1]. В 2009 г. температурные показатели на этих глубинах не проявляли существенного отклонения от других лет, т.е. аномальный прогрев коснулся только самого верхнего слоя почвы.

Начиная с августа, реже – с июля (2011 г.) среднемесячная температура почвы становится выше температуры воздуха. В зависимости от особенностей осени разница среднемесячных температур поверхности почвы и воздуха варьирует в августе и сентябре от 0,5 до 1,6°C, а в октябре – от 0,4 до 2,7°C. Среднемесячные температуры поверхности почвы опускаются ниже 0°C в ноябре, вместе с формированием устойчивого снежного покрова. Ниже, на глубине 10 см, среднемесячные температуры опускаются ниже 0°C в декабре, реже – октябре (2009 г.), а на глубине 20 см – чаще в январе (2010 г. – в декабре, 2009 г. – в феврале).

Влияние осадков на температурный режим болотной почвы в теплый период года, по крайней мере, в явном виде, нами не обнаружено. Исключение составляет, как уже отмечалось, экстремальная ситуация весны и лета 2009 г., когда из-за аномально малого количества осадков обсох сфагновый очес верхового болота.

Суточные колебания температуры

Заметные регулярные суточные колебания температуры почвы появляются в начале мая, после схода снежного покрова, и сразу же приобретают большой размах (рис. 4). Если максимальные зафиксированные суточные колебания температуры поверхности почвы в апреле (до схода снежного покрова) составляют 2–4°C, то в мае максимальный диапазон суточных колебаний составил в разные годы от 12,5 до 18,5°C. В следующие, летние месяцы максимальные суточные колебания температуры поверхности почвы остаются примерно такими же, от 10 до 19°C. В 2009 г., из-за погодных особенностей, амплитуда суточных колебаний в мае – июле была чрезвычайно большой, и достигала в отдельные сутки 36, и даже 44,4°C, когда сильный прогрев обсохшей поверхности болота днем, сопровождался заморозками ночью. Осредненный за месяц диапазон суточных колебаний в мае колебался в разные годы от 3,8 до 9,4°C и несколько увеличился в июне – 6,7–10,2°C, а затем плавно снижался до сентября, и резко уменьшался в октябре, до установления устойчивого снежного покрова (таблица).

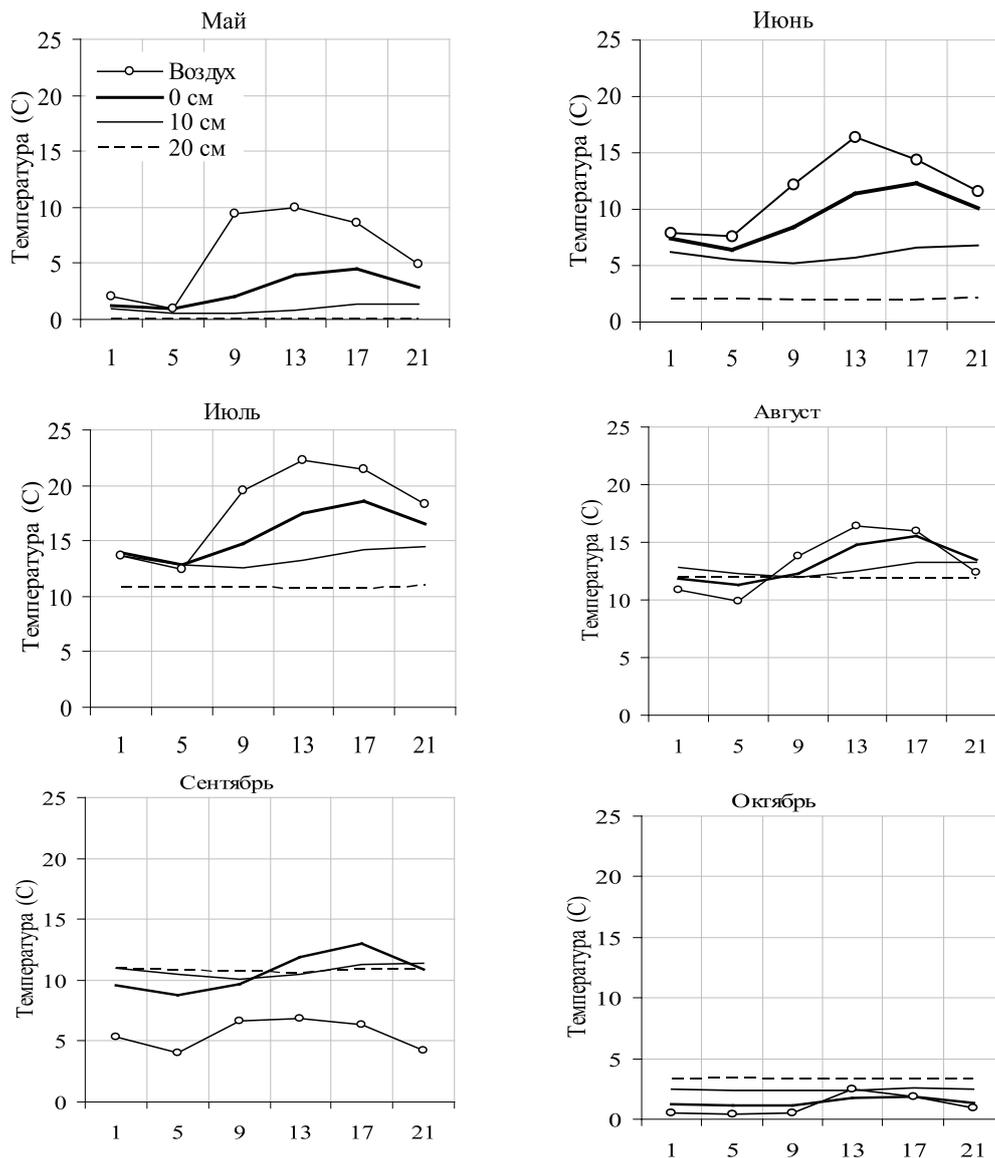


Рис. 4. Суточный ход температуры воздуха и почвы на разных глубинах, осредненный за месяц, по данным 2007 г.

Осредненный за месяц диапазон суточных колебаний температуры почвы за период наблюдений (кроме 2009 г.)

Месяц	Глубина 0 см	Глубина 10 см	Глубина 20 см
1	0,50 ± 0,05	0,16 ± 0,03	0,10 ± 0,02
2	0,52 ± 0,05	0,21 ± 0,03	0,14 ± 0,02
3	0,32 ± 0,03	0,13 ± 0,02	0,09 ± 0,02
4	1,68 ± 0,31	0,09 ± 0,02	0,05 ± 0,01
5	5,70 ± 0,49	0,80 ± 0,12	0,19 ± 0,05
6	8,44 ± 0,38	2,43 ± 0,14	1,05 ± 0,06
7	6,94 ± 0,38	2,11 ± 0,11	0,90 ± 0,05
8	6,06 ± 0,34	1,77 ± 0,11	0,78 ± 0,05
9	6,32 ± 0,53	1,76 ± 0,13	0,49 ± 0,07
10	1,98 ± 0,24	0,43 ± 0,05	0,29 ± 0,03
11	0,70 ± 0,13	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,01
12	0,65 ± 0,07	0,16 ± 0,03	0,08 ± 0,02

С глубиной суточные колебания температуры быстро уменьшаются. На глубине 10 см максимальные отмеченные суточные колебания температуры в теплый период года составили 7°C , а на глубине 20 см – 4°C .

В теплый период года наибольшие температуры воздуха в их суточном ходе по нашим срокам наблюдались в 13, а по срокам метеостанции – в 15 часов, минимальные температуры наблюдались в 5 и 3 часа, соответственно. По осредненным за месяц данным наибольший прогрев почвы у поверхности наблюдался около 17 часов, а на глубине 10 см – около 21 часа (рис. 4). Минимальные температуры поверхности почвы наблюдаются примерно в те же часы, что и минимальные температуры воздуха, около 5 часов. Наибольший градиент температуры почва – воздух наблюдается в мае, в июне и июле этот градиент уменьшается при общем повышении температуры воздуха и почвы. Все это время температура поверхности почвы в течение суток в среднем оказывается ниже, или в ночное время – близкой к температуре воздуха. В августе в ночное время почва в ночные часы теплее воздуха, а в дневные – холоднее, т.е. в это время температура почвы и воздуха приходят к некоторому равновесию. В сентябре начинается остывание почвы, она в среднем существенно теплее воздуха независимо от времени суток. В это время происходит существенное снижение температуры почвы. В октябре разница между температурами воздуха и почвы становится незначительной, как и суточные колебания, и в дальнейшем температура почвы в течение зимнего периода меняются незначительно, не испытывая суточных колебаний вплоть до начала следующего теплого периода года.

В целом, годовой ход температуры верхнего слоя торфяной залежи во многом сходен с ходом температуры торфяной залежи болот южной тайги [3, 4]. При более продолжительном холодном и снежном периоде верхний слой торфяной залежи в условиях северной тайги испытывает примерно такие же годовые колебания температуры, что и в условиях южной тайги. Примечательно, что при существенной разнице в длительности холодного периода и зимних температур воздуха, верхний слой торфяной залежи олиготрофных болот промерзает на небольшую глубину, при этом, глуб-

же 20 см среднемесячные температуры не опускаются ниже нескольких градусов и остаются большей частью вблизи 0°C . Суточная динамика температуры верхнего слоя чрезвычайно сходна для олиготрофных торфяников северной и южной тайги.

Заключение

Для местного климата характерны значительные разногодичные отклонения теплообеспеченности и количества осадков, в том числе – летних, при сравнительно стабильной продолжительности теплого и холодного периодов года. Особенность местных погодных условий – небольшое количество ясных дней, с небольшой облачностью, которые больше характерны для начала весны, что уменьшает общее влияние прямой солнечной радиации на температурный режим почвы. Наибольшие суточные колебания температуры воздуха наблюдаются летом, особенно в июне и июле.

В холодный период болотная почва промерзает незначительно, по среднемесячным значениям, от -5°C у поверхности, до $-1,6^{\circ}\text{C}$, на глубине 20 см, при минимальной зафиксированной у поверхности температурой $-10,5^{\circ}\text{C}$, деятельный слой остается мерзлым около 6–7 месяцев у поверхности, и около 5 месяцев на глубине 20 см. Прогрев поверхности почвы обычно начинается в мае, сразу после схода снега, и продолжается до июля, когда среднемесячная температура достигает $12-15^{\circ}\text{C}$, а глубже – до августа, до $9,5-11,9^{\circ}\text{C}$, на глубине 20 см. С августа начинается охлаждение поверхности почвы и продолжается до установления устойчивого снежного покрова в ноябре. В течение зимы температура почвы меняется незначительно.

Суточные колебания температуры деятельного слоя характерны только для бесснежного периода. Наибольшие суточные колебания от $12,5$ до $18,5^{\circ}\text{C}$ наблюдаются в мае, июне и июле, а по осредненным за месяц значениям в мае и июне, в период наиболее интенсивного прогрева почвы. Начиная с августа суточные колебания температуры почвы уменьшаются и к октябрю составляют по осредненным данным около 2°C .

Деятельный слой олиготрофных болот северной тайги при меньшей теплообеспеченности и большей продолжительности холодного периода, обладает

сходным температурным режимом с олиготрофными болотами южной тайги, что видимо, определяется свойствами их торфяной залежи.

Список литературы

1. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим / под ред. К.Е. Иванова, С.М. Новикова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 448 с.
2. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / под ред. С. М. Новикова. – СПб.: ВВМ, 2009. – 536 с.
3. Дюкарев Е.А., Головацкая Е.А. Особенности температурного режима торфяной залежи олиготрофного болота в южной тайге Западной Сибири // География и природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 65–71.
4. Дюкарев Е.А., Головацкая Е.А., Дучков А.Д., Казанцев С.А. Экспериментальное исследование температурного режима торфяной залежи Бакчарского болота (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2009. – т. 50, № 6. – С. 745–754.
5. Емельянова Е.К., Алексеев А.Ю., Мокеева А.В., Тарасова М.В., Шестопалов М.А., Карпова Е.В., Забелин В.А., Шестопалов А.М., Ильичева Т.Н. Биорекультивация загрязненных нефтью объектов в Тюменской области // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. – 2010. – Т. 8. – № 4. – С. 155–161.
6. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. – М.: Географгиз. 1948. – 320 с.
7. Лисс О.Л., Березина Н.А. Болота Западно-Сибирской равнины. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 208 с.
8. Мокеева А.В., Алексеев А.Ю., Емельянова Е.К., Забелин В.А., Заушинцева А.В., Тараканова А.С., Шестопалов А.М., Ильичева Т.Н. Ассоциация штаммов бактерий-нефтедеструкторов для ремедиации нефтезагрязненных территорий // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. – 2011. – Т. 9. – № 3. – С. 27–33.
9. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М., 2003. – 109 с.