

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРЕДУРАЛЬЯ В СВЯЗИ С ПОТЕПЛЕНИЕМ КЛИМАТА

© 2010 О.В. Решоткин, О.И. Худяков, Т.Н. Бедрина

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино

Поступила в редакцию 14.05.2010

Потепление климата вызвало повышение среднесезонных температур подзолистых почв за период 1991-2000 гг. по отношению к климатической норме температур почвы за период 1961-1990 гг., увеличило время характерного проявления летней сезонной климатической стадии, уменьшило глубину сезонного промерзания.

Ключевые слова: *климатическая норма температуры, климат почв, термообеспеченность почв, потепление климата*

Климат для лесных почв с низкой энергетической обеспеченностью является одним из важнейших экологических факторов. Изучению закономерностей повышения термообеспеченности подзолистых почв Предуралья в связи с современной тенденцией потепления климата посвящена настоящая работа.

Объекты и методы исследования. Для характеристики температурного режима были взяты подзолистые почвы Предуралья, характеризующиеся данными метеостанций Ивдель и Березники. Почва метеостанции Ивдель подзолистая супесчаная с примесью гравия до глубины 0,8 м, в слое 0,8-2,4 м – глина с примесью гравия. Глубина грунтовых вод – 4-6 м. Почва метеостанции Березники подзолистая супесчаная иллювиально-железистая.

Результаты и обсуждение. Исследуемые почвы различаются между собой гранулометрическим составом и глубиной залегания грунтовых вод. В данном случае глубина грунтовых вод и гранулометрический состав являются основным фактором температурного режима. Неглубокое залегание грунтовых вод действует на температурный режим охлаждающе, так как на нагревание воды требуется больше тепла, чем на минеральный субстрат (песок). Повышенная обводненность подзолистой тяжелосуглинистой почвы (метеостанция Ивдель) является тем фактором, при котором климатическая норма температуры почвы на глубинах от 20 до 320 см не поднимается выше 3,5-4,2°C (табл. 1). Весьма характерно, что температура подзолистой тяжелосуглинистой почвы на глубине 20 см на 0,7°C ниже, чем на глубине 3,2 м. В данном случае грунтовые воды оказывают тепляющее влияние на нижние горизонты почвы. С другой стороны,

современное потепление климата оказало тепляющее влияние на весь профиль почвы до глубины 3,2 м. Сравнение климатической нормы температуры почвы со среднесезонной температурой почвы за период 1991-2000 гг. показывает увеличение температуры от 0,5°C на глубине 20 см до 0,2°C на глубине 320 см. Потепление климата за период 1991-2000 гг. вызвало увеличение среднесезонных температур, но это увеличение температур по всей толще почвы произошло в диапазоне от 3,5 до 4,0°C на глубине 20 см и от 4,2 до 4,4°C на глубине 320 см, что даже не достигло первого биологического минимума (5°C).

Климатическая норма температуры подзолистой тяжелосуглинистой почвы летнего сезона изменяется по профилю почвы от 9,6°C на глубине 20 см до 4,2°C на глубине 320 см. Климатическая норма времени характерного проявления длительности летнего сезона составляет 7 месяцев. Климатическая норма температуры почвы зимнего сезона изменяется от -4,9°C на глубине 20 см до -0,1°C на глубине 160 см, при этом глубина проникновения 0°C достигает 190 см. Ниже 190 см сезонная мерзлота отсутствует. Климатическая норма времени характерного пребывания подзолистой почвы в мерзлом состоянии изменяется от 5 месяцев на глубине 20 см до 2 месяцев на глубине 160 см. Потепление климата за период 1991-2000 гг. вызвало повышение температуры тундровой подзолистой тяжелосуглинистой почвы на глубине 20 см с 3,5 до 4,0°C, что составляет 0,5°C. Превышение среднесезонной температуры за период 1991-2000 гг. по отношению к климатической норме отмечается по всему профилю почвы от 0,6°C на глубине 40 см до 0,2°C на глубине 320 см.

Для подзолистых почв современное потепление климата привело к повышению температуры почвы по отношению к климатической норме и уменьшению глубины сезонного промерзания,

Решоткин Олег Владимирович, кандидат биологических наук, главный специалист подразделения. E-mail: reshotkin@rambler.ru.

Худяков Олег Иванович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

Бедрина Татьяна Николаевна, аспирантка

однако длительность времени характерного проявления нахождения почвы в мерзлом и талом состояниях подзолистых тяжелосуглинистых почв по метеостанции Ивдель не изменилось. Климатическая норма температуры подзолистых песчаных почв, характеризуемая данными метеостанции Березники за период 1961-1990 гг., изменяется по профилю почвы от 6,2°C на глубине 20 см до 6,0°C на глубине 320 см. Современное потепление климата вызвало повышение среднесезонной температуры почвы от 6,8°C на глубине 20 см до 6,5°C на глубине 320 см.

Средняя десятилетняя температура подзолистой почвы составила 6,5°C, что находится несколько выше, чем температура первого биологического минимума (5,0°C). Повышение среднесезонной температуры за период 1991-2000 гг. по сравнению с климатической нормой составляет от 0,6°C на глубине 20 см до 0,5°C на глубине 320 см. Таким образом, современное потепление климата вызвало увеличение среднесезонных температур подзолистых почв за период 1991-2000 гг. по сравнению с климатической нормой, рассчитанной за период 1961-1990 гг.

Таблица 1. Климатические параметры подзолистой почвы

Станция	Период	Месяцы	Глубины						
			20	40	80	120	160	240	320
Ивдель Свердловская обл. почва - подзолистая тя- желосуглинистая	1961- 1990	1	-6,4	-4,1	-1,3	0,1	1,5	2,5	3,5
		2	-7,0	-5,0	-2,7	-1,1	0,6	1,6	2,6
		3	-4,3	-3,7	-2,3	-1,2	-0,2	0,9	2,0
		4	0,3	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,7	1,5
		5	6,7	3,8	1,1	0,7	0,4	0,9	1,4
		6	14,3	11,0	7,3	5,1	2,9	2,5	2,0
		7	18,9	16,5	13,5	11,0	8,4	6,4	4,4
		8	15,7	14,9	13,7	12,1	10,5	8,7	6,8
		9	9,5	10,0	10,4	10,1	9,8	8,9	7,9
		10	2,1	3,7	5,3	6,2	7,1	7,2	7,4
		11	-2,2	0,2	1,9	3,1	4,4	5,2	6,0
		12	-4,8	-2,1	0,4	1,6	2,7	3,6	4,6
климатическая норма		год	3,5	3,7	3,9	4,0	4,0	4,1	4,2
летнего сезона			9,6	8,6	6,7	5,6	4,8	4,1	4,2
зимнего сезона			-4,9	-3,1	7,1	-0,8	-0,1		
глубина проникновения 0°C, см			190						
длительность летнего сезона, мес.			7	7	8	9	10	12	12
длительность зимнего сезона, мес.			5	5	4	3	2	0	0
Ивдель Свердловская обл. почва - подзолистая тя- желосуглинистая	1991- 2000	1	-6,1	-3,8	-1,2	0,2	1,6	2,7	3,7
		2	-5,9	-4,2	-2,1	-0,1	0,8	1,8	2,8
		3	-3,4	-2,6	-1,8	-0,8	0,2	1,2	2,2
		4	0,5	-0,2	-0,3	0,0	0,2	1,5	1,8
		5	7,5	4,3	1,7	1,2	0,7	1,2	1,7
		6	15,7	12,5	8,9	6,5	4,1	3,2	2,4
		7	19,0	16,6	13,9	11,4	8,8	6,8	4,8
		8	15,8	15,1	14,1	12,5	10,9	9,0	7,1
		9	9,6	10,2	10,6	10,3	10,0	9,1	8,1
		10	3,4	4,5	6,0	6,8	7,5	7,5	7,6
		11	-1,5	0,5	2,3	3,5	4,7	5,5	6,3
		12	-4,4	-2,3	0,4	1,6	2,9	3,9	4,9
средняя		год	4,0	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
летнего сезона			10,2	9,1	7,2	6,0	4,4	4,4	4,4
зимнего сезона			-4,3	-2,6	-1,4	-0,3			
глубина проникновения 0° С, см			125						
длительность летнего сезона, мес.			7	7	8	9	12	12	12
длительность зимнего сезона, мес.			5	5	4	3	0	0	0

Осенняя сезонная климатическая стадия характеризуется нахождением подзолистых песчаных почв в спектре положительных температур. Климатическая норма температуры подзолистых

тяжелосуглинистых почв изменяется по профилю от 3,1°C на глубине 20 см до 7,1°C на глубине 320 см и от 4,8°C на глубине 20 см до 8,5°C на глубине 320 см подзолистых песчаных почв.

Потепление климата вызвало увеличение среднесезонных температур (1991-2000 гг.) по всему профилю почв (табл. 2). В подзолистых тяжелосуглинистых почвах повышение температуры составило от 0,7°C на глубине 20 см до 0,3°C на глубине 320 см, а в подзолистых песчаных почвах повышение среднесезонной температуры на глубине 20 см составило 0,9°C, ниже глубины 20 см она снижается до 0,1°C на глубине 120 см, а на глубине 320 см повышение температуры составило 0,3°C. Столь широкий диапазон изменения температуры подзолистых почв за последнее десятилетие (1991-2000 гг.) определяется температурной динамикой каждого из осенних месяцев, и, в первую очередь температурой почвы в самый холодный осенний месяц. Самым холодным месяцем осени, когда

начинается промерзание почвы, является ноябрь. В ноябре в подзолистых тяжелосуглинистых почвах на глубине 20 см отмечается самая низкая среднесезонная температура (-2,2°C) за период 1961-1990 гг. С глубиной температура почвы в осенний период повышается постепенно, достигнув своего максимума (6°C) на глубине 320 см (табл. 2). Сравнение среднесезонной температуры подзолистых почв за период 1961-1990 гг. со средними многолетними температурами ноября в период 1991-2000 гг. показывает общее увеличение температуры почвы до глубины 3,2 м. Потепление климата за этот период привело к увеличению среднесезонной температуры почвы от 0,7°C на глубине 20 см до 0,3°C на глубине 320 см.

Таблица 2. Сезонные стадии климата почв

Изменение многолетней среднесезонной температуры подзолистой почвы												
Подзолистая тяжелосуглинистая почва. Метеостанция Ивдель												
глубина, см	осень			зима			весна			лето		
	1961-1990	1991-2000	повышение	1961-1990	1991-2000	повышение	1961-1990	1991-2000	повышение	1961-1990	1991-2000	повышение
20	3,1	3,8	0,7	-6,1	-5,5	0,6	0,9	1,5	0,6	16,3	16,8	0,5
40	4,5	5,1	0,6	-3,7	-3,4	0,3	-0,1	0,5	0,6	14,1	14,7	0,6
80	5,9	6,3	0,4	-1,2	-1,0	0,2	-0,5	-0,1	0,4	11,5	12,3	0,8
120	6,5	6,9	0,4	0,9	0,6	0,3	-0,2	0,1	0,3	9,4	9,9	0,5
160	7,2	7,4	0,2	1,6	1,8	0,2	0,1	0,4	0,3	7,3	7,6	0,3
240	7,2	7,4	0,2	2,6	3,4	1,2	0,8	1,2	0,4	5,9	6,2	0,3
320	7,1	7,4	0,3	3,6	4,0	0,4	1,7	1,9	0,2	4,5	4,8	0,3
средняя в слое 320 см	5,9	6,3	0,4	-0,3	-0,1	0,2	0,4	0,8	0,4	9,8	10,3	0,5
Подзолистая супесчаная почва. Метеостанция Березники												
20	4,8	5,7	0,9	-0,2	0,2	0,4	3,4	3,8	0,4	16,8	17,6	0,8
40	5,5	6,2	0,7	0,3	0,6	0,3	3,0	3,2	0,2	15,9	16,6	0,7
80	6,8	7,5	0,7	1,1	1,5	0,4	2,5	2,6	0,1	14,1	14,1	0,0
120	7,7	8,3	0,6	2,0	2,4	0,4	2,3	2,6	0,3	12,3	12,6	0,3
160	8,4	8,5	0,1	3,2	3,4	0,2	2,3	2,6	0,3	10,6	10,7	0,1
240	8,8	9,0	0,2	4,5	5,1	0,6	2,9	3,3	0,4	7,8	7,9	0,1
320	8,5	8,8	0,3	5,5	6,1	0,6	3,6	4,3	0,7	5,7	6,6	0,9
средняя в слое 320 см	7,2	7,7	0,5	3,2	2,8	0,4	2,8	3,2	0,4	11,9	12,3	0,4

Сравнение климатической нормы температуры подзолистых песчаных почв со среднедекадной температурой подзолистых почв за ноябрь месяц показывает общее увеличение температуры по всему профилю почвы до глубины 3,2 м, причем превышение среднесезонной температуры над климатической нормой за период 1991-2000 гг. составляет 0,5-0,6°C. Таким образом, для подзолистых почв современное потепление климата в осенний период привело к

увеличению среднесезонной температуры в профиле почвы до глубины 320 см.

Зимняя сезонная климатическая стадия подзолистых почв характеризуется пребыванием верхних горизонтов в мерзлом состоянии при самых низких температурах в годовом цикле. В этот период в профиле почвы отмечается общая закономерность, при которой самые низкие температуры отмечаются в верхней промерзающей части профиля. В подзолистых тяжелосуглинистых почвах климатическая норма составила –

6,1°C на глубине 20 см, увеличиваясь вниз по профилю до 3,6°C на глубине 320 см. Среднедесятилетняя температура подзолистой супесчаной почвы за период 1991-2000 гг. на глубине 20 см составляет 0,2°C. Вниз по профилю почвы среднедесятилетняя температура увеличивается, достигая своих максимальных значений (5,5°C) на глубине 320 см (табл. 2). Сравнение климатической нормы с температурой за период 1991-2000 гг. показывает, что потепление климата вызвало увеличение среднедесятилетней температуры подзолистых почв до глубины 320 см. Увеличение среднедесятилетних температур почвы зимнего периода связано с повышением среднедесятилетних температур почвы в каждом месяце осенней стадии климата. Например, по данным метеостанции Березники повышение средней десятилетней температуры почвы на глубине 20 см в сентябре и октябре за период 1991-2000 гг. в связи с потеплением общего климата происходило в положительном спектре температур от 10,5 (сентябрь) и 3,1°C (ноябрь) за период 1961-1990 гг. до 11,0 (сентябрь) и 5,1°C (октябрь) за период 1991-2000 гг. Повышение температуры подзолистых песчаных почв в самый холодный зимний месяц (февраль) отмечалось с -0,2°C (1961-1990 гг.) на глубине 20 см до 0,2°C за период 1991-2000 гг. В подзолистых тяжелосуглинистых почвах климатическая норма составляет -7,0°C на глубине 20 см (табл. 2). Среднепогодная температура подзолистых почв в феврале за период 1991-2000 гг. составляет -5,9°C. С глубиной температура почвы повышается до 2,8°C на глубине 320 см.

Весенняя климатическая стадия характеризуется началом протаивания подзолистых почв и повышением температур почвы в отрицательном спектре температур. Протаивание подзолистых почв происходит одновременно снизу и сверху, поэтому в апреле месяце почва в слое 40-120 см имеет отрицательную температуру, в то время как на глубине 20 см отмечается положительная температура (0,9°C). Среднепогодная температура почвы на глубине 20, 160, 240 и 320 см имеет положительное значение, причем самая высокая 1,7°C отмечается на глубине 320 см, самая низкая из положительных значений температура отмечается на глубине 160 см и составляет 0,1°C. Анализ среднепогодной температуры подзолистых супесчаных почв, показывает, что климатическая норма температуры весенней климатической стадии всего профиля почвы положительная, причем максимальные значения температуры отмечаются на глубине 320 см (3,6°C). Наличие в весенний период мерзлого слоя в подзолистых тяжелосуглинистых почвах и отсутствие мерзлоты в подзолистых песчаных почвах объясняется их глубиной грунтовых вод, грансоставом и др. Современное потепление климата за период 1991-

2000 гг. вызвало повышение среднедесятилетних температур подзолистых почв до глубины 320 см. В подзолистых тяжелосуглинистых почвах (метеостанция Ивдель) среднедесятилетняя температура на глубине 20 см повысилась с 0,9 до 1,5°C, что составляет 0,6°C, в то время как на глубине 320 см повышение среднедесятилетней температуры составило 0,2°C, от 1,7 до 1,9°C. Повышение среднедесятилетней температуры в связи с потеплением климата, уменьшило глубину промерзания и повысило температуру профиля почвы. Отрицательная среднедесятилетняя температура за период 1991-2000 гг. отмечается лишь на глубине 80 см. Аналогичная закономерность, в связи с потеплением климата, отмечается и в подзолистых песчаных почвах, однако в этих почвах повышение среднедесятилетних (1991-2000 гг.) температур произошло в диапазоне положительных весенних температур почвы, при котором среднедесятилетняя температура профиля почвы повысилась от 0,4°C на глубине 20 см до 0,7°C на глубине 320 см, однако, на глубинах 40, 80, 120 и 160 см повышение составило от 0,2 до 0,3°C. Несколько иная закономерность в распределении температур по профилю отмечается для подзолистых тяжелосуглинистых почв, в которых современное потепление климата вызвало повышение температуры на глубинах 20, 160, 240 и 320 см, в то время как на глубинах 40 и 80 см среднедесятилетняя температура почвы снизилась на 0,2 и 0,5°C, а на глубине 120 см температура почвы не изменилась. Такое распределение температуры по профилю почвы говорит о том, что в подзолистых песчаных почвах наметилась тенденция к снижению температур, к похолоданию.

Летняя сезонная климатическая стадия для подзолистых почв характеризуется проникновением в почву максимальных положительных температур. Для летнего периода подзолистых почв характерен положительный градиент температур, при котором максимальные среднепогодные температуры отмечаются в верхних горизонтах, а минимальные температуры отмечаются в нижних горизонтах почвы (табл. 2). Максимальная температура летнего периода отмечается в почве на глубине 20 см в июле месяце, глубина проникновения биологически активных температур 5 и 10°C для подзолистых тяжелосуглинистых почв достигает 300 и 140 см соответственно. В подзолистых песчаных почвах биологически активная температура 5°C проникает ниже 320 см, а термоизоплета 10°C отмечается на глубине 260 см. Климатическая норма температуры подзолистой тяжелосуглинистой почвы в слое 320 см составила 3,9°C, а в подзолистых песчаных почвах климатическая норма температуры в слое 320 см составляет 6,5°C. Современное потепление климата вызвало увеличение средней десятилетней температуры

подзолистой тяжелосуглинистой почвы в слое 320 см с 3,9°C до 4,3°C и с 6,1°C до 6,5°C подзолистой песчаной почвы. Повышение средних десятилетних температур в слое 320 см произошло за счет повышения средней десятилетней температуры на глубине 80 см (с 11,5 до 12,3°C) на 0,8°C, в то время как на глубине 20 и 40 см повышение составило 0,5 и 0,6°C соответственно и на 0,3°C на глубинах 160, 240 и 320 см. Повышение температуры подзолистой почвы отмечается на глубине 20 и 40 см на 0,8 и 0,7°C соответственно, и на 0,3°C на глубине 120 см, а на глубинах 160, 240 и 320 см повышение температуры составило 0,1°C (табл. 2). Самым теплым месяцем летней климатической стадии является июль. Средне многолетняя температура подзолистых почв в июле месяце по метеостанции Ивдель за период 1961-1990 гг. достигает 18,9°C на глубине 20 см (табл. 2). С глубиной она снижается до 4,4°C.

Для подзолистых почв (метеостанция Ивдель) за период 1991-2000 гг. средняя температура июля составила 19,0°C, а на глубине 320 см она снижается до 4,8°C. Для подзолистых почв, характеризуемых данными метеостанции Березники средне многолетняя температура подзолистых почв в самый теплый месяц (июль) летней сезонной климатической стадии за период 1961-1990 гг. достигает 19,0°C, равномерно уменьшаясь вниз по профилю до 6,4°C на глубине 320 см. Современное потепление климата вызвало

повышение средне десятилетней июльской температуры подзолистой почвы от 0,4°C, на глубине 80 см средне десятилетняя температура снизилась на 0,3°C по сравнению со средне многолетней (климатической нормой) за период 1961-1990 гг. На глубине 120 см подзолистых почв средняя десятилетняя температура повысилась на 0,3°C, а на глубинах 160, 240 и 320 см она повысилась на 0,1°C соответственно. Таким образом, для подзолистых почв, характеризующихся разным грансоставом, уровнем грунтовых вод, высотой над уровнем моря отмечается общая закономерность в повышении средне десятилетней температуры почвы в связи с общим потеплением климата. Исключением из этой закономерности является понижение средней десятилетней температуры почвы июля месяца летней климатической стадии за период 1991-2000 гг. на глубине 80 см на 0,3°C, однако в летнюю климатическую стадию (июнь, июль и август) за период 1991-2000 гг. понижения температуры почвы на глубине 80 см не отмечено.

Выводы: современное потепление климата вызвало в подзолистых почвах повышение температуры почвы по всему профилю, уменьшение глубины сезонного промерзания, однако, время характерного проявления летней и зимней сезонной климатических стадий осталось неизменным.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №09-04-00405-а.

TEMPERATURE MODE OF PODZOLIC SOILS IN PREDURALYE DUE TO CLIMATIC WARMING

© 2010 O.V. Reshotkin, O.I. Khudyakov, T.N. Bedrina

Institute of Physical-Chemical and Biological Problems in Soil Science RAS, Pushchino

The warming of climate caused an increase of the average ten-year temperatures of podzolic soils for 1991-2000 relative to climatic norm of the temperatures of the soil for 1961-1990, increased the time of typical manifestation of summer seasonal climatic stage, decreased the depth of seasonal freezing.

Key words: *climatic norm of the temperature, climate of the soils, thermal probability of the soils, climatic warming*

Oleg Reshotkin, Candidate of Biology, Main Specialist of the Branch.

E-mail: reshotkin@rambler.ru.

Oleg Khudyakov, Doctor of Biology, Leading Research Fellow

Tatiana Bedrina, Post-graduate Student