

ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ ПОЧВ ОСТРОВА ВАЛААМ

Л. Е. Дмитричева^{1,2}, Д. А. Семенов¹, А. Б. Степанова¹

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
192007, Санкт-Петербург, Воронежская ул., д. 79;

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14
E-mail: dlilia@mail.ru

Поступила в редакцию 29 июня 2020 г., принята к печати 25 ноября 2020 г.

Приведены данные о сезонных изменениях температуры в пределах деятельного слоя органогенных горизонтов бурозема грубогумусного и торфяно-подзолистого почвы, расположенных на водосборной части озера Германовское, находящегося на острове Валаам. Полученные данные необходимы для систематической оценки состояния и использования почв в условиях возобновившейся реновации инфраструктуры и сельскохозяйственных земель природно-ландшафтного парка. Температура почвы измерялась с июля 2018 г. по июнь 2019 г. при помощи автономных регистраторов температур системы Термохрон DS1921G на основе устройств iButton. Установлено, что на протяжении всех периодов измерений температура торфяно-подзолистого почвы на глубине 5 м была существенно ($p < 0,05$) выше, чем температура бурозема грубогумусного (в среднем на $0,7^{\circ}\text{C}$). На прогревание и остывание данного слоя исследуемых почв в большей степени оказывали влияние характер напочвенной растительности, фракционный состав минеральных горизонтов почв, содержание органического вещества и положение в рельефе. Наименьшая средняя температура торфяно-подзолистого почвы на глубине 5 см была зафиксирована на неделю позже по сравнению с буроземом грубогумусным – в третьей декаде февраля. Для более глубоких слоев почвы обоих участков было характерно сглаживание хода температур в течение сезона, а с февраля по апрель колебания температур отсутствовали. Бурозем грубогумусный на глубине 20 см отличался большей годовой амплитудой температур, чем торфяно-подзолистая почва на глубине 10 см, что связано с различиями в гранулометрическом составе минеральных горизонтов, а именно с преобладанием крупного и среднезернистого песка.

Ключевые слова: температура почвы, бурозем грубогумусный, торфяно-подзолистая почва, прогревание и остывание горизонтов.

CHARACTERISTICS OF TEMPERATURE SEASONAL DYNAMICS OF THE ACTIVE SOIL LAYER OF VALAAM ISLAND

L. E. Dmitricheva^{1,2}, D. A. Semyonov¹, A. B. Stepanova¹

¹Russian State Hydrometeorological University
79, Voronezhskaya St., St. Petersburg, 192007;

²Agrophysical Research Institute
14, Grazhdanskiy pr., St. Petersburg, 19522
E-mail: dlilia@mail.ru

The paper presents the data on seasonal temperature changes within the active layer of organogenic horizons of coarse humus burozem and peat-podzolic soil located on the drained part of Germanovskoye Lake (Valaam Island). The obtained data are necessary for the systematic assessment of the soils' state and usage in the conditions of the island infrastructure and land management renovation in the natural landscape park. Soil temperature was measured from July 2018 to June 2019 using autonomous temperature recorders of the Thermochron DS1921G system based on iButton devices. It was found that during all the measurement period, the temperature of the peat-podzolic soil at a depth of 5 cm was significantly ($p < 0.05$) higher than the temperature of coarse humus burozem (on average by 0.7°C). The heating and cooling of the studied layer of the soils was largely influenced by the nature of the ground vegetation, the soil texture, the soil organic matter content, and the position of the soils in the relief. The lowest average temperature of the peat-podzolic soil at a depth of 5 cm was recorded a week later as compared to coarse humus burozem - in the third decade of February. The smoothing of the temperature course during the season was common for the deeper layers of the soils, there was no temperature fluctuation from February to April. The coarse humus burozem at a depth of 20 cm was characterized by the greater annual temperature range than the peat-podzolic soil at a depth of 10 cm, which was caused by the differences in the soil texture (predominance of coarse and medium-grained sand).

Key words: soil temperature, coarse humus burozem, peat-podzolic soil, heating and cooling of horizons.

ВВЕДЕНИЕ

«Валаамский архипелаг» является уникальным природно-ландшафтным парком, расположенным в северо-западной части Ладожского озера на территории Республики Карелия (61°с. ш.; 31°в. д.). В его состав входит свыше 50 островов общей площадью 3600 га. Крупнейшим островом архипелага является Валаам, занимающий территорию площадью около 2845 га (Белюсова и др., 1989). В течение долгого времени на территории парка была запрещена любая деятельность, влекущая за собой изменение исторически сложившегося ландшафта. В настоящее время архипелаг остается особо охраняемой зоной, однако на современном этапе развития данной территории проводится реорганизация социальной и транспортно-инженерной инфраструктуры, а также восстановление сельского хозяйства на ранее заброшенных монастырских полях (Атлас, 2016). Решая проблемы увеличивающейся антропогенной нагрузки в условиях гумидного ландшафта, целесообразно исходить из необходимости обоснования изменения основных режимов и свойств почв (Иванов, 2018). Особую актуальность представляет исследование температурного режима почвы, который в условиях современного потепления климата является чувствительным индикатором изменения окружающей среды (Владимиров и др., 2014).

Температурный режим представляет собой изменение температурного поля во времени и является важной характеристикой, позволяющей судить о современном функционировании почв и энергетике почвообразовательных процессов. Данные об изменении температурного режима используются при решении многих прикладных задач, в частности учитываются при мелиорации, которая к настоящему времени восстановилась на острове Валаам (Камбулов и др., 2019). Своевременный анализ данных о температурном режиме почв важен при разработке и принятии превентивных мер, направленных на обеспечение безопасности экосистем при осуществлении хозяйственной деятельности.

Основным источником энергии в почвах является солнечная радиация (Шульгин, 2005). Ее поступление в почву определяется радиационным балансом земной поверхности, а также тепловым балансом деятельного слоя, в котором происходит преобразование поступившей радиационной энергии в главные тепловые потоки: затраты тепла на испарение влаги, турбулентный теплообмен с атмосферой и теплообмен с нижележащими слоями почвы (Доброхотов и др., 2020).

Температура почвы оказывает непосредственное влияние на ее продуктивность, жизнедеятельность живых организмов, а также развитие микроклимата и ландшафта в целом. Известно, что при уменьшении температуры скорость движения воды в почве замедляется, вследствие чего снижаются темпы поглощения корнями питательных веществ. При температурах около 8–10°C снижается поглощение азота корнями, а при температурах ниже

5–6°C резко сокращается поступление в растения азота, фосфора и калия (Журина, Лосев, 2012).

Резкая расчлененность рельефа, контрастность условий влагообеспеченности и многообразие почвообразующих пород обусловили мозаичность и сложное строение почвенного покрова острова Валаам, входящего в Карельскую провинцию альфегумусовых, подзолистых иллювиально-гумусовых и болотных почв подзоны средней тайги (Седов и др., 1992; Добровольский, Уруевская, 2004). Наибольший интерес представляют буроземы и торфяно-подзолистые почвы, занимающие значительную площадь в пределах острова. Цель исследования – изучение основных параметров, определяющих различия в сезонной динамике температуры буроземов грубогумусных и торфяно-подзолистых почв, и сравнительный анализ вертикального распределения температуры по почвенному профилю в пределах деятельного слоя.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследование сезонных изменений температуры проводилось с июля 2018 г. по июнь 2019 г. (включительно) на двух участках острова Валаам, расположенных на водосборной части озера Германовское.

Первый участок представлял собой ельник чернично-разнотравный зеленомошный (Комолова, Дмитричева, 2013) на буроземе грубогумусном высокоскелетном на выходах массивно-кристаллических пород (описание горизонтов почв представлено в табл. 1). Почва характеризовалась относительно мощной оторфованной подстилкой и слабыми признаками оподзоливания (в виде пятен и линз) верхней части элювиально-иллювиального горизонта, что свидетельствовало о промывном типе водного режима. В нижних горизонтах отмечено большое количество продуктов эрозии габбро-диабазы в виде крупных и мелких обломков.

Второй участок представлял собой сосно-ельник черничный зеленомошный (Комолова, Дмитричева, 2013) на торфяно-подзолистой почве на озерных отложениях (горизонты описаны в табл. 1). В отличие от бурозема, данная почва характеризовалась наличием оторфованной подстилки меньшей мощности, а также явными признаками оподзоливания (> 2 см) элювиально-иллювиального горизонта и оглеения нижней части профиля, что свидетельствовало о длительном или постоянном промачивании почвы на указанной глубине. В табл. 1 представлена сравнительная характеристика гранулометрического состава (ГМС) основных горизонтов изучаемых почв и содержания в них органического углерода.

Исследуемые почвы располагались на разных участках рельефа. Бурозем размещался на склоне селги. За счет поверхностного стока и хорошей фильтрационной способности песка вода на данном участке не задерживалась. Торфяно-подзолистая почва располагалась на относительно ровной поверхности, а ее нижние горизонты, сложенные из более тяжелых фракций грунта, подвергались переувлажнению на протяжении всего года.

Таблица 1. Гранулометрический состав и содержание органического углерода в горизонтах бурозема грубогумусного и торфяно-подзолистого почвы

Почва	Горизонт*	Н, см	ГМС по содер. физ. глины (<0,1%)	C _{орг} , %
Бурозем грубогумусный	A ₀ A _T (OT1)	4–7	–	органогенный 12,5±1,11
	A ₀ A _{T2} (OT2)	7–25	–	органогенный 9,5±0,53
	A ₂ B (BEL)	25–35	2,3±0,08	песок 6,5±0,31
	B _{Fe} (Bf)	35–60	2,8±0,04	песок 2,6±0,42
Торфяно-подзолистая почва	A ₀ A _T (OT1)	2–10	–	органогенный 14,8±0,71
	A ₀ A _{T2} (OT2)	10–17	–	органогенный 4,7±0,37
	A ₁ A ₂ (AYEL)	17–29	16±1,1	супесь 1,8±0,24
	B _{hFe} (Bhf)	29–37	24±1,3	лег. суглинок 3,7±0,41
	B _{Fe} (Bf)	37–39	30±1,5	ср. суглинок 2,5±0,37
	C _g (Cg)	39–45	37±2,3	ср. суглинок 0,6±0,08

Примечание. Н – глубина горизонта; ГМС – гранулометрический состав; C_{орг} – содержание органического углерода. * – классификация и диагностика почв СССР (1977), в скобках – классификация почв России (2004).

Отбор почвенных образцов из горизонтов по профилю осуществлялся общепринятым методом (Минеев, 2001), определение ГМС – методом ареометра (ГОСТ 12536-2014), плотности твердой фазы – по стандартным методикам физики почв (Растворова, 1983), определение общего углерода – по Тюрину (Крейер и др., 2005).

Данные о температуре воздуха, количестве осадков и высоте снежного покрова по снегомерным рейкам предоставлены метеостанцией Учебно-научной станции РГГМУ острова Валаам.

Температура почвы измерялась при помощи автономных регистраторов температур системы Термохрон DS1921G на основе устройств iButton компании Dallas Semiconductor (США). Датчики размещались только в органогенных горизонтах почв на разных глубинах. Из-за различий в мощности торфянистых горизонтов в торфяно-подзолистой почве регистраторы температур устанавливались на глубине 5 и 10 см, а в буроземе грубогумусном – на глубине 5 и 20 см. В летнее время регистраторы iButton были запрограммированы на измерение температуры через каждый час, в зимнее время – через каждые 3 часа.

Математическая обработка полученных данных проведена с использованием программ Microsoft Excel и IBM SPSS Statistics 25.0.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климат острова Валаам близок к умеренно-континентальному, с прохладным летом и сравнительно теплой зимой. Климатическая норма среднегодовой температуры воздуха, согласно данным метеостанции Учебно-научной станции РГГМУ, составляет +3,6°C, самый холодный месяц – февраль (средняя температура –8,6°C), наиболее теплый – июль (средняя температура +16,7°C). Исследуемая территория относится к зоне избыточного увлажнения. Среднегодовое количество осадков по климатической норме составляет 510 мм. Осадки выпадают неравномерно в течение года. Наибольшее количество осадков приходится на лето и осень (Атлас, 2016).

В табл. 2 представлены средние значения (по месяцам) температуры воздуха и количества осадков на острове Валаам за период наблюдений (с июля 2018 г. по июнь 2019 г.).

Таблица 2. Среднемесячные значения температур воздуха и количества осадков на острове Валаам с июля 2018 г. по июнь 2019 г.

Год	2018						2019					
Месяц	июль	авг.	сент.	окт.	ноябрь	дек.	январ.	февр.	март	апр.	май	июнь
T °C	19,6	17,7	12,9	6,7	3,0	–2,3	–5,7	–2,1	–0,9	3,6	7,0	12,0
W, мм	48	81	101	45	24	45	77	71	50	13	57	31

Примечание. T – температура воздуха; W – количество осадков.

Как видно из представленных данных, наиболее теплым месяцем за период наблюдений оказался июль, а наиболее холодным – не февраль, а январь. Температура воздуха в указанные месяцы существенно ($p < 0,05$) отклонилась от климатической нормы в сторону повышения. Наибольшее количество осадков выпало осенью (с максимальным значением в сентябре 2018 г.). Зимой происходило выхолаживание поверхности снега из-за отрицательного теплового баланса, обусловленного высокими значениями альбедо и низкой температурой воздуха. Слой снега при этом являлся теплоизолирующим элементом

между воздухом и поверхностью почвы (Шерстюков, Анисимов, 2018). На рис. 1 отображено изменение мощности снежного покрова на острове Валаам с ноября 2018 г. по апрель 2019 г.

Как видно из представленных данных, снежный покров на изучаемой территории начал формироваться с конца ноября, когда среднесуточная температура воздуха опустилась ниже 0°C. В первой половине декабря зафиксирована оттепель с положительными температурами воздуха, превышающими климатическую норму, а со второй половины декабря установилась морозная погода с абсолютными

температурами воздуха до -25°C , толщина снежного покрова в указанное время составляла от 0,5 см до 10 см. В январе и феврале установился устойчивый снежный покров с максимальной высотой до 44 см в некоторые дни. Максимальная мощность снежного покрова отмечена в середине марта (53 см), после чего его высота стала снижаться до третьей декады апреля. Формирование относительно мощного снежного покрова, регулярные оттепели и превышение климатической нормы температуры воздуха привели к

тому, что в зимний период 2018–2019 гг. почва на обоих изучаемых участках леса не промерзла, а ее температура оставалась положительной в течение всего года.

Результаты исследования (рис. 2) показали, что на протяжении всего зимнего периода температура торфяно-подзолистой почвы на глубине 5 см была выше, чем температура бурозема грубогумусного.

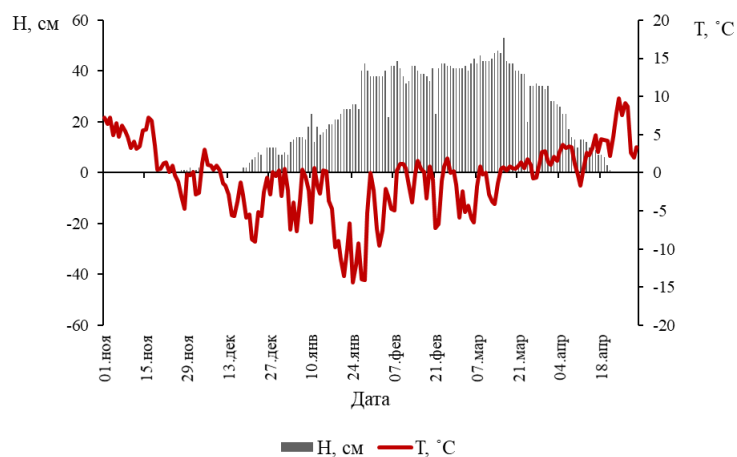


Рис. 1. Изменение мощности снежного покрова (H, см) и динамика среднесуточных температур воздуха (T, $^{\circ}\text{C}$) на острове Валаам с ноября 2018 г. по апрель 2019 г.

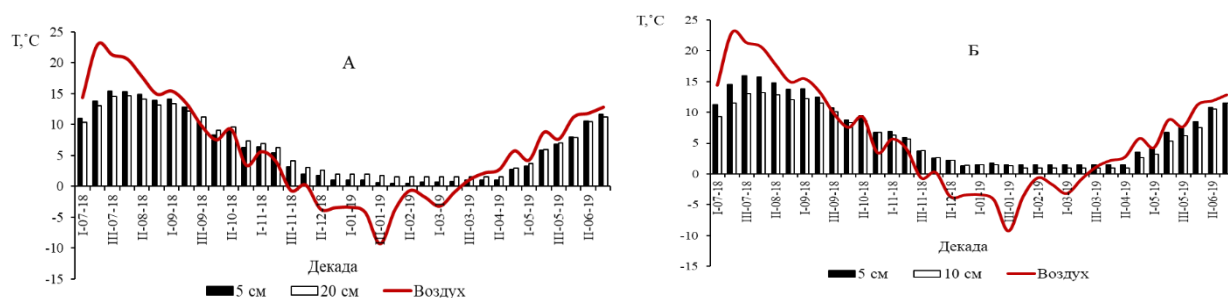


Рис. 2. Декадный ход температур торфяно-подзолистой почвы (А) и бурозема грубогумусного (Б) за период с июля 2018 г. по июнь 2019 г.

Наименьшая средняя температура торфяно-подзолистой почвы на данной глубине была зафиксирована в третьей декаде декабря ($1,3^{\circ}\text{C}$), а наименьшая средняя температура бурозема грубогумусного на той же глубине — во второй декаде февраля ($0,5^{\circ}\text{C}$). Для нижележащих слоев почвы обоих участков было характерно сглаживание хода температур, а с февраля по апрель — отсутствие колебаний температур. Минимальное значение средней температуры торфяно-подзолистой почвы на глубине 10 см зафиксировано в первой декаде февраля ($1,0^{\circ}\text{C}$), температура продержалась на указанном уровне до второй декады апреля. Минимальное значение температуры бурозема на глубине 20 см были отмечено также в первой декаде февраля ($1,5^{\circ}\text{C}$), температура находилась на данном уровне до первой декады апреля.

Период прогревания поверхности как бурозема грубогумусного, так и торфяно-подзолистой почвы начался в третьей декаде апреля и закончился в третьей

декаде июля. С первой декады августа температура почвы на глубине 5 см начала постепенно снижаться, однако в нижележащих горизонтах понижения температуры не происходило.

Период прогревания торфяно-подзолистой почвы и бурозема на глубине 10 и 20 см начался в третьей декаде апреля и закончился в первой декаде августа. Отставание от 5-сантиметрового слоя связано со снижением интенсивности теплообмена почвы с атмосферным воздухом и отдачей тепла в нижние горизонты. Самые высокие среднемесячные значения температуры почв зафиксированы в августе. Максимальное значение температуры бурозема грубогумусного на глубине 5 см отмечено в первой декаде августа ($16,5^{\circ}\text{C}$). За счет более высокой теплопроводности в указанное время почва достаточно хорошо прогревалась на глубину. Максимальное значение температуры бурозема на глубине 20 см зафиксировано в двух первых декадах августа, когда почва прогревалась до $16,0^{\circ}\text{C}$. Наибольшее значение

температуры поверхностного горизонта торфяно-подзолистой почвы также зафиксировано в начале августа (температура почвы достигла 18,5°C). Несмотря на то, что торфяно-подзолистая почва прогревается с поверхности лучше, чем бурозем, в глубину она прогревается значительно хуже вследствие меньшей теплопроводности и более высокой влажности. Максимальное значение температуры, зафиксированное на глубине 10 см, составило всего 15,0°C в первой декаде августа.

Годовая амплитуда температур поверхностного слоя бурозема грубогумусного составила 16,5°C. При этом годовая амплитуда температур на глубине 20 см оказалась меньше и составила 14,5°C. Годовая амплитуда температур торфяно-подзолистой почвы на глубине 5 см составила 17,5°C. С глубиной на данном участке также отмечено сглаживание годового хода температур. Так, годовая амплитуда температур на глубине 10 см составила 14,0°C.

На прогревание и остывание нижних горизонтов торфяно-подзолистой почвы и бурозема грубогумусного в большей степени оказывали влияние фракционный состав минеральных горизонтов почв, характер увлажнения и содержание органического вещества. Как известно, от указанных параметров зависят тепловые свойства почв, такие как теплопроводность и теплоемкость (Растворова, 1983). Наименьшей теплопроводностью отличается почвенный воздух, наибольшей – твердая фаза почвы, особенно ее минеральная часть. В связи с этим бесструктурные и плотные почвы имеют более высокую теплопроводность, чем рыхлые, с большим количеством пор аэрации. С увеличением содержания в почве органического вещества передача тепла от одних слоев почвы к другим затрудняется. Именно поэтому торфяно-болотные почвы отличаются значительно меньшей теплопроводностью, чем минеральные почвы, что согласуется с полученными данными: бурозем грубогумусный прогревался быстрее, чем торфяно-подзолистая почва, но и быстрее остывал. На обоих участках в верхних органогенных горизонтах отмечено большое количество органического вещества (табл. 1): в торфяно-подзолистой почве – 14,8%, в буроземе грубогумусном – 12,5%.

Другими факторами, определяющими различия в температурном режиме исследуемых почв, являлись наличие и характер напочвенной растительности. Моховой покров на участке с буроземом более мощный (> 4 см), тогда как на участке с торфяно-подзолистой почвой составлял всего 2 см. В период прогрева почвы моховой олес способствует снижению количества поступающего в почву тепла (Груздева и др., 1991). При этом в период остывания почвы мхи оказывают изолирующее действие и способствуют снижению потерь тепла почвой (Комолова и др., 2015).

Бурозем грубогумусный на глубине 20 см отличался большей годовой амплитудой температур, чем торфяно-подзолистая почва на глубине 10 см. В период прогрева почвы нижние горизонты бурозема (20 см) прогревались лучше, чем торфяно-подзолистая почва на глубине 10 см. Как следует из

представленных в табл. 1 данных, в гранулометрическом составе минеральных горизонтов бурозема грубогумусного преобладала менее влагоемкая среднезернистая песчаная фракция. Среднезернистый песок обладает хорошей фильтрационной способностью (Растворова, 1983), поэтому вода в горизонтах долго не задерживается, и горизонты бурозема на протяжении всего года являются более сухими, чем горизонты торфяно-подзолистой почвы. Кроме того, результаты проведенных ранее экспериментов показали, что минеральные горизонты торфяно-подзолистой почвы имеют большую плотность сложения, чем минеральные горизонты бурозема грубогумусного, и в порах бурозема содержится большее количество почвенного воздуха, чем в порах торфяно-подзолистой почвы (Комолова, Дмитричева, 2013; Назарова, 2014). Торфяно-подзолистая почва за счет положения в рельефе и более тяжелого состава грунта на протяжении года является более увлажненной.

Таким образом, различия в гранулометрическом и органическом составе органогенных горизонтов бурозема грубогумусного и торфянисто-подзолистой почвы определили их разные тепловые свойства. Буроземы за счет большого количества включений в виде камней в нижних горизонтах меньше удерживали тепло, а органогенные горизонты торфяно-подзолистой почвы были более теплоемкими, поэтому они не успевали прогреться до таких значений, как горизонты бурозема грубогумусного. При этом за счет того, что нижний исследуемый горизонт торфяно-подзолистой почвы находится выше, чем нижний исследуемый горизонт бурозема, температура почвы в нем сильнее зависит от перепадов температур в атмосферном воздухе. За счет этого на глубину 5 и 10 см почва прогревается и остывает более равномерно, а температура поверхностного горизонта на протяжении практически всего года выше температуры нижележащего исследуемого слоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сравнении годового хода температур исследуемых почв за период 2018–2019 гг. установлено, что поверхностный горизонт торфяно-подзолистой почвы прогревается и остывает медленнее, чем поверхностный горизонт бурозема грубогумусного, что обусловлено главным образом положением в рельефе, большей затененностью земной поверхности, меньшей мощностью мохового олес и меньшим содержанием органического вещества.

На прогревание и остывание нижних горизонтов существенное влияние оказывали фракционный состав почвы, увлажненность и содержание органического вещества. Из-за более легкого гранулометрического состава и меньшей влагоемкости нижние горизонты бурозема грубогумусного прогревались лучше, чем нижние горизонты торфяно-подзолистой почвы. За счет меньшего теплообмена с атмосферой температура бурозема грубогумусного в слое 20 см в отдельные периоды может превышать температуру поверхностного горизонта, в отличие от температуры торфяно-подзолистой почвы в слое 10 см.

Список литературы

- Белоусова Н.А., Кравченко А.В., Крутов В.И., Кучко А.А., Лазарева И.И. Экосистемы Валаама и их охрана. Петрозаводск: Карелия, 1989. 199 с.
- Владимиров В.А., Чураков Ю.И. Проблема глобального изменения климата как природная опасность // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. № 2. С. 506–519.
- Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГУ, Изд-во «Колос», 2004. 460 с.
- Доброхотов А.В., Романов Г.П., Козырева Л.В. Исследование взаимосвязи гидротермических условий почвы с комплексными характеристиками энергомассообмена в системе «почва – растение – приземный слой воздуха» // Агрофизика. 2020. № 1. С. 45–52.
- Груздева Л.П., Яскин А.А., Тимофеев В.В. Почвоведение с основами геоботаники. М.: Агропромиздат, 1991. 448 с.
- Иванов Д.А. Виды динамики состояния мелиорированных агроландшафтов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 65(4). С. 4–18.
- Журина Л.Л., Лосев А.П. Агрометеорология. СПб.: ООО «Квадро», 2012. 368 с.
- Камбулов С.И., Рыков В.Б., Трубилин Е.И., Колесник В.В. Температурный режим обрабатываемого слоя почвы // Научный журнал КубГАУ. 2019. № 46. С. –9.
- Комолова С.А., Дмитричева Л.Е. Мониторинг морфометрических характеристик хвои ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst) на Валаамском архипелаге // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2013. № 32. С. 154–169.
- Комолова С.А., Степанова А.Б., Кузьмина Е.Ю., Дмитричева Л.Е., Козицкая К.А. Сфагновые мхи водосбора озера Германовского (природный парк «Валаамский архипелаг») // Новости сист. низших растений. 2015. № 49. С. 328–344.
- Крейер К.Г., Банкина Т.А., Орлова Н.Е., Юрьева Г.М. Практикум по агрохимическому анализу почв. Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: СПбГУ, 2005. 88 с.
- Минеев В.Г. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГУ, 2001. 689 с.
- Назарова Л.Е. Климат Республики Карелия (Россия): температура воздуха, изменчивость и изменения. Петрозаводск: ИВПС КарНЦ РАН, 2014. С. 746–749.
- с.
- Растворова О.Г. Физика почв (Практическое руководство). Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 196 с.
- Седов С.Н., Васенева Э.Г., Шоба С.А. Современные и древние процессы выветривания в почвах на основных породах острова Валаам // Почвоведение. 1992. № 7. С. 83–96.
- Шерстюков А.Б., Анисимов О.А. Оценка влияния снежного покрова на температуру поверхности почвы по данным наблюдений // Метеорология и гидрология. 2018. № 2. С. 17–25.
- Шульгин И.А. Солнечная радиация и растение. СПб.: Гидрометиздат, 2005. 234 с.
- Экосистемы Валаамского архипелага (Ладожское озеро) на рубеже 20 и 21 веков. Черты уникальности и современное состояние: Атлас / Под ред. А. Б. Степановой. СПб.: РГТМУ, 2016. 44 с.

References

- Belousova N.A., Kravchenko A.V., Krutov V.I., Kuchko A.A., Lazareva I.I. Ekosistemy Valaama i ikh okhrana [Valaam ecosystems and their protection]. Petrozavodsk: Kareliia, 1989, 199 p.
- Vladimirov V. A., Churakov Yu. I. Problema global'nogo izmeneniya klimata kak prirodnyaya opasnost' [The problem of global climate change as a natural hazard] // *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*, 2014, no. 2, pp. 506–519.
- Dobrovolskiy G.V., Urusevskaya I.S. *Geografiya pochv: Uchebnik. 2-ye izd., pererab. i dop.* [Soil geography]. Moscow: Publishing house «Kolos», 2004, 460 p.
- Dobrokhoto A.V., Romanov G.P., Kozyreva L.V. Issledovaniye vzaimosvyazi gidrotermicheskikh usloviy pochvy s kompleksnymi kharakteristikami energomassoobmena v sisteme «pochva – rasteniye – prizemnyy sloy vozdukha» [Study of interrelation of hydrothermal soil conditions with integrated characteristics of energy and mass transfer in «soil – plant – atmospheric surface layer» system] // *Agrofizika*, 2020, no. 1, pp. 45–52.
- Gruzdeva L.P., Yaskin A.A., Timofeev V.V. *Pochvovedeniye s osnovami geobotaniki* [Soil science with the basics of geobotany]. Moscow: Agropromizdat, 1991, 448 p.
- Ivanov D.A. Vidy dinamiki sostoyaniya meliorirovannykh agrolandshaftov [Types of dynamics of the state of meliorated agrolandscapes] // *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka*, 2018, no. 65 (4), pp. 4–18.
- Zhurina L.L., Losev A.P. *Agrometeorologiya* [Agrometeorology]. Saint-Petersburg: ООО «Квадро», 2012, 368 p.
- Kambulov S.I., Rykov V.B., Trubilin E.I., Kolesnik V.V. Temperaturnyy rezhim obrabatyvayemogo sloya pochvy [Temperature regime of the treated soil layer] // *Nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2019, no. 146, pp. 1–9.
- Komolova S. A., Dmitricheva L. E. Monitoring morfometricheskikh kharakteristik khvoi eli yevropeyskoy (*Picea abies* (L.) Karst) na Valaamskom arkhipelage [Monitoring of morphometric characteristics of Common Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) needles on the Valaam archipelago] // *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*, 2013, no. 32, pp. 154–169.

- Komolova S.A., Stepanova A.B., Kuz'mina E.Yu., Dmitricheva L.E., Kozitskaya K.A. Sphagnovyye mkhi vodosbora ozera Germanovskogo (prirodnyy park «Valaamskiy arhipelag») [Sphagnum mosses of the Germanovskoye Lake catchment area (Valaam archipelago natural park)] // *Novosti sist. nizshikh rasteniy*, 2015, no. 49, pp. 328–344.
- Kreyer K.G., Bankina T.A., Orlova N.E., Yur'eva G.M. *Praktikum po agrokhimicheskoy analizu pochv* [Practical tasks on agrochemical soil analysis]. Ucheb. posobiye. 3-ye izd., pererab. i dop. Saint-Petersburg: Publishing house of St. Petersburg State University, 2005, 88 p.
- Mineev V.G. *Praktikum po agrokhimii: Uchebnoye posobiye. 2-ye izd., pererab. i dop.* [Practical tasks on agricultural chemistry: textbook]. Moscow: Publishing house of Moscow State University, 2001, 689 p.
- Nazarova L.E. *Klimat Respubliki Kareliya (Rossiya): temperatura vozdukha, izmenchivost' i izmeneniya* [Climate of the Republic of Karelia (Russia): air temperature, variability and changes.]. Petrozavodsk: IVPS KarNTs RAN, 2014, pp. 746–749.
- Rastvorova O.G. *Fizika pochv (Prakticheskoye rukovodstvo)* [Soil physics (Practical guide)]. Leningrad: Publishing house of Leningrad State University, 1983, 196 p.
- Sedov S.N., Vaseneva E.G., Shoba S.A. Sovremennyye i drevniye protsessy vyvetriviya v pochvakh na osnovnykh porodakh ostrova Valaam [Modern and ancient weathering processes in soils on the main rocks of Valaam Island] // *Pochvovedeniye*, 1992, no. 7, pp. 83–96.
- Sherstyukov A.B., Anisimov O.A. Otsenka vliyaniya snezhnogo pokrova na temperaturu poverkhnosti pochvy po dannym nablyudeniya [Assessment of the influence of snow cover on the surface temperature of the soil according to observations data] // *Meteorologiya i gidrologiya*, 2018, no. 2, pp. 17–25.
- Shul'gin I.A. *Solnechnaya radiatsiya i rasteniye* [Solar radiation and the plant]. Saint-Petersburg: Gidrometizdat, 2005, 234 p.
- Ekosistemy Valaamskogo arhipelaga (Ladozhskoye ozero) na rubezhe 20 i 21 vekov. Cherty unikal'nosti i sovremennoye sostoyaniye: Atlas* [Ecosystems of the Valaam archipelago (Ladoga Lake) at the turn of the 20th and 21st centuries. Features of uniqueness and modern state: Atlas] / Pod red. A. B. Stepanovoy. Saint-Petersburg: RGGMU, 2016, 44 p.

УДК 631.472

DOI:10.25695/AGRPH.2020.04.02

ВЛИЯНИЕ СЕДИМЕНТАЦИИ НА КАЧЕСТВО АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ В ПОЙМЕ РЕКИ ОКА

П. И. Пыленок

Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова
390021, г. Рязань, ул. Мещерская, 1а
E-mail: petr.pylenok@mail.ru

Поступила в редакцию 12 октября 2020 г, принята к печати 25 ноября 2020 г.

В статье рассматривается роль паводковой седиментации в повышении плодородия и загрязнении аллювиальных почв тяжелыми металлами. В процессе многолетних натурных исследований, системного и сравнительного анализа изучен седиментогенез и установлена величина седиментной нагрузки на пойменный агроландшафт в среднем течении р. Ока, которая изменяется от нулевой в годы отсутствия половодий, составляет $12,9 \text{ т га}^{-1}$ в условиях средневысоких половодий и увеличивается до $20\text{--}32 \text{ т га}^{-1}$ при максимальных уровнях затопления центральной части поймы. Определены агрохимические и агрофизические свойства седиментов и почв, которые характеризуются слабокислой или нейтральной реакцией среды, суглинистым гранулометрическим составом и высокими показателями почвенного плодородия. Содержание калия в седиментах в 4–12 раз больше, а фосфора — в 2–3 раза больше по сравнению с подстилающей почвой. Полевые и лабораторные исследования показали, что с повышением седиментной нагрузки содержание органики в седиментах и их удобрительная ценность снижаются по причине увеличения в их составе доли песчаной фракции. С ростом антропогенной нагрузки промышленного и сельскохозяйственного производства наблюдается эпизодическое загрязнение аллювиальной почвы особо токсичным цинком до 1,13 ПДК, а седиментов — токсичным никелем до 1,26 ПДК. Между содержанием металлов в седиментах и верхнем гумусовом горизонте почвы мощностью до 0,5 м выявлена тесная взаимосвязь, концентрация металлов в седиментах на 20–25% больше, чем в подстилающей почве. Концентрация металлов в почве уменьшается с глубиной. Наибольшее превышение содержания характерно для никеля, хрома и меди. Проведена экологическая оценка уровня антропогенного загрязнения аллювиальных почв Окской поймы, который соответствует классу «экологического риска».

Ключевые слова: пойменные агроландшафты, седименты, тяжелые металлы, загрязнение аллювиальных почв.