

- Anderson C.R., Condrón L.M., Clough T.J., Fiers M., Stewart A., Hill R.A., Sherlock R.R. Biochar induced soil microbial community change: Implication for biochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus // *Pedobiologia*, 2011, no. 54 (5-6), pp. 309–320.
- Anderson J.P.E., Domsh K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // *Soil Biol. Biochem*, 1989, no. 10, pp. 215–221.
- Blagodatsky S.A., Evdokimov I.V., Larionova A.A., Richter O. Microbial growth in soil and nitrogen turnover: a theoretical model considering the activity state of microorganisms // *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, no. 30 (13), pp. 1743–1755.
- Darby I., Xu C.Y., Wallace H.M., Joseph S., Pace B., Bai S.H. Short-term dynamics of carbon and nitrogen using compost, compostbiochar mixture and organo-mineral biochar // *Environ Sci Pollut Res.*, 2016, v. 23, pp. 11267–11278.
- DeLuca T.H., MacKenzie M.D., Gundale M.J. Biochar effects on soil nutrient transformations // *Biochar for Environmental Management* / Eds. Lehmann J., Joseph S. Science and Technology. London: Earthscan, 2009, pp. 251–270.
- Grossman J.M., O'Neill B.E., Tsai S.M., Liang B., Neves E., Lehmann J., Thies J.E. Amazonian Anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy // *Microbial Ecology*, 2010, no. 60, pp. 192–205.
- McCormack S.A., Ostle N., Bargett R.D., Hopkins D.W., Vanbergen A.J. Biochar in bioenergy cropping systems: impacts of soil faunal communities and linked ecosystem processes // *Global Change Biology Bioenergy*, 2013, no. 5(2), pp. 81–95.
- Lehmann J., Rillig M.C., Thies J. Biochar effects on soil biota – A review // *Soil Biology and Biochemistry*, 2011, no. 43, pp. 1812–1836.
- Van Zwieten L., Kimber S., Morris S., Downie A., Berger E., Rust J., Scheer C. Influence of biochars on flux of N₂O and CO₂ from Ferrosol // *Austr. J. Soil. Res.*, 2010, v. 48 (6-7), pp. 555–568.
- Yao Y., Gao B., Zhang M., Inyang M., Zimmerman A.R. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil // *Chemosphere*, 2012, v. 89, pp. 1467–1471.

УДК 631.4

DOI: 10.25695/ AGRPH.2019.03.06

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА

Н. А. Уланов

*ФГБУ «Кировская лугоболотная опытная станция»,
612097, Россия, Кировская обл., Оричевский р-н., п. Юбилейный, д. 33
E-mail: bolotoagro50@mail.ru*

Поступила в редакцию 22 мая 2019 г. принята к печати 28 августа 2019 г.

В работе представлены результаты исследований плодородия антропогенных почв, сформировавшихся в результате промышленной разработки торфомассива «Гадовское» с его последующим сельскохозяйственным освоением и использованием. Исследования проводились на нескольких полях одного из кормовых севооборотов выработанного торфомассива. Особенностью обследуемой территории является близкое расположение к поверхности почвы подстилающих минеральных пород, богатых кальцием. В результате комплексного обследования почвенных участков опытного поля установлено, что в процессе многолетнего сельскохозяйственного использования земель в кормопроизводстве оставшиеся после выработки торфяные запасы истощились. На некоторой части опытного участка произошло обнажение минерального дна болота, тогда как в его складках мощность остаточного слоя торфа составляет более одного-двух метров. В процессе обследования участка выявлена и нанесена на карту горизонтально-пространственная почвенная пестрота, заключающаяся в неравномерном распределении по территории остаточных запасов торфа. Заложенные на опытном участке почвенные разрезы позволили наглядно продемонстрировать значительный разброс водно-физических, агрофизических и агрохимических показателей почвы в пределах как почвенного профиля, так и обследуемой территории. Среди особенностей исследуемого участка отмечены высокое содержание оснований в почвенном профиле, смещение обменной кислотности в щелочную сторону, а также низкое содержание подвижного алюминия. В работе также установлено негативное влияние остаточного торфа разной мощности на процесс формирования температурного режима приземного слоя воздуха и поверхности почвы. Отмеченные особенности опытного участка свидетельствуют о том, что он является наиболее подходящим объектом для практического применения технологий точного земледелия.

Ключевые слова: выработанные торфяники, кормопроизводство, почвенная пестрота, агрофизические свойства, агрохимические свойства.

SOME FEATURES OF THE SOIL COVER OF THE PROCESSED PEATLANDS IN THE CONDITIONS OF INTENSE FODDER PRODUCTION

N. A. Ulanov

The paper presents the results of the soils fertility studies in anthropogenic soils formed as a result of industrial development of the Gadovskoye peat area with its subsequent agricultural development and use. Studies were conducted on several fields of the same fodder crop rotation at the developed peat area. A feature of the studied area is the proximity to the soil surface of underlying mineral rocks rich in calcium. As a result of a comprehensive survey of the experimental field soil plots, it was found that in the process of long-term agricultural use of land in fodder production, the peat reserves remaining after development were depleted. In some parts of the experimental plot, the mineral material of the swamp was exposed, while in its folds the thickness of the residual peat layer was more than one or two meters. During the site survey, a horizontal spatial soil variation was revealed and mapped, consisting in an uneven distribution of residual peat reserves over the territory. The soil sections laid in the experimental plot made it possible to demonstrate a significant scatter in the water-physical, agrophysical and agrochemical parameters of the soil within both the soil profile and the study area. Among the features of the studied area, a high content of bases in the soil profile, a shift in the exchangeable acidity to the alkaline side, and a low content of mobile aluminum were noted. The work also established the negative effect of residual peat of different thickness on the process of temperature regime formation as of the soil surface and also of the surface air layer. The noted features of the experimental plot indicate that it is the most suitable object for the practical application of precision farming technologies.

Key words: developed peatlands, fodder production, soil variegation, agrophysical soil properties, agrochemical soil properties.

ВВЕДЕНИЕ

Адаптивно-ландшафтный подход в агротехнологиях предусматривает учет множества факторов: микроклимата и освещенности полей, их рельефа, эрозиоопасности, гранулометрического состава, гидрологических особенностей почвенного профиля и многих других. Практически вся территория Нечерноземной зоны Европейской части РФ представлена в основном опольными агроландшафтами, отличающимися значительной залесенностью, закустаренностью, мелкоконтурностью, повышенной кислотностью почв и низким содержанием основных элементов питания, а главное – существенной почвенной пестротой (Киришин, Иванов, 2005; Афанасик, 1975; Каштанов, 2008; Киришин, 2011; Косолапов и др., 2010; Косолапов и др., 2018). Выработанные торфяники в мелиоративном земледелии считаются еще более сложными объектами. Сельскохозяйственное освоение вышедших из-под промышленной торфодобычи земель сопровождается рядом трудностей, связанных с морфологическими особенностями данных образований. Несмотря на относительно ровную поверхность полей, выработанных послойно-фрезерным способом, мощность остаточного слоя торфа на них существенно варьируется по причине невыравненности болотного дна. Это приводит к формированию на таких объектах вертикальной и горизонтально-пространственной почвенной пестроты (Белковский и др., 2002; Уланов, 2005). Вертикальная пестрота заключается в частой смене различных генетических горизонтов в верхней части почвенного профиля на сравнительно небольшой территории. Горизонтально-пространственная почвенная пестрота на участке приводит к формированию различных агрохимических свойств, обусловленных, прежде всего, разной мощностью остаточного торфа и его ботаническим составом. В процессе дальнейшего

сельскохозяйственного использования данных объектов по мере сработки остаточного слоя торфа и обнажения минерального дна болота снижаются и их производственные возможности. Вместе с тем возрастает влияние подстилающих торфяную залежь минеральных пород на вновь формируемый почвенный профиль.

Неравномерное распределение по территории запасов торфа накладывает определенный отпечаток и на температурный режим почвы. По типу температурного режима выработанные торфяники занимают промежуточное положение между минеральными и торфяными почвами. По мнению некоторых исследователей (Лученок, 2015; Манокينا, Пашинская, 1971), если слой остаточного торфа менее 30 см, то тепловые свойства приближаются к свойствам минеральных почв, а если больше 30 см – к свойствам торфяных почв. Поскольку последние отличаются высокой теплоемкостью и низкой теплопроводностью, многие исследователи (Афанасик, 1975; Маслов, 2008) считают их температурный режим неблагоприятным для возделывания основных сельскохозяйственных культур.

Таким образом, целью данной работы являлось проведение агрофизической и агрохимической оценки старопахотных выработанных торфяников на предмет их пригодности для мелиоративного земледелия. Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи: определить водно-физические и агрохимические свойства почвенного профиля опытного участка; определить мощность и характер распределения на нем остаточных запасов торфа; провести наблюдения за температурным режимом приземного слоя воздуха и поверхности почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Опытный участок находится в 30 км к юго-западу от г. Кирова на территории выработанной части

торфомассива «Гадовское», расположенного на левобережной надпойменной террасе р. Быстрица. Остаточная торфяная залежь здесь подстилается среднезернистыми песками, подстилаемыми, в свою очередь, красно-коричневыми мергелизованными

суглинками и глинами. Общая площадь шести полей кормового севооборота, формирующих опытный участок, составляет около 90 га. На участке оборудована открытая осушительная сеть (рис. 1).

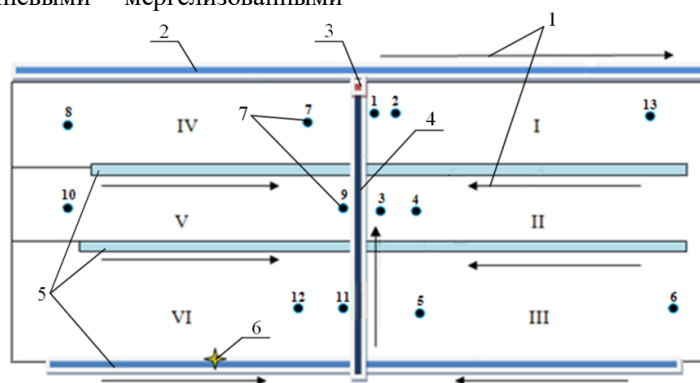


Рис. 1. План-схема опытного участка.

I–VI – нумерация полей; 1 – направление уклона полей и течения воды в каналах; 2 – магистральный канал; 3 – шлюз; 4 – транспортирующий собиратель (шлюзуемый канал); 5 – открытые осушительные каналы; 6 – подземный ключ; 7 – контрольные участки

Для более полной характеристики почвенных разностей на опытном участке было заложено 13 основных контрольных участков (КУ) в зависимости от характера возделываемой культуры и мощности остаточного слоя торфа. В целях снижения фактора случайности контрольные участки отбирались из достаточно большого количества выборок (более 90). При этом соблюдался принцип – максимально полно отразить все типы и виды исчезающей торфяной залежи.

Место выработок в классификации до настоящего времени окончательно не определено. В разное время предпринимались многочисленные попытки решения данного вопроса. В последней версии классификации, разработанной Почвенным институтом (2004), они относятся к торфоземам, что вполне логично при наличии морфологических признаков залежи. После полной сработки выработок требуется детализация нового профиля с учетом содержания органического вещества, в различном соотношении смешанного с подстилающей породой. По мнению автора, наиболее удачной является классификация белорусских ученых (Зайко, 1997; Лученок, 2015; Смян, 2007), которые относят выработки в данном состоянии к типу остаточно-оглеенных дерготорфоземов с дальнейшим подразделением их на подтипы.

Запасы остаточного торфа и характер их распределения по территории определялись методом зондировки. Сущность метода состоит в том, что остаточный слой торфа измеряется с помощью щупа и бура согласно нанесенной на план-схему сетке масштабом 10×10 м. На контрольных участках были заложены и описаны почвенные разрезы, в которых послойно были определены удельная (УМ) и объемная масса (ОМ), полная влагемкость (ПВ), наименьшая влагемкость (НВ), влажность разрыва капилляров (ВРК), влажность завядания (ВЗ) и максимальная гигроскопическая влажность (МГ). При

агрохимическом обследовании определялись степень насыщенности основаниями, зольность и гидролитическая кислотность — общепринятыми методами, обменная кислотность — потенциометрическим методом, содержание подвижного алюминия и сумма обменных оснований — по А. В. Соколову (ГОСТ 26485-85), содержание углерода — по И. В. Тюрину, легкорастворимых фосфатов и подвижного калия — по А. Т. Кирсанову (ГОСТ 26207-91), общего азота — по Кьельдалю, кальция — по ГОСТ 26487-85. Наблюдения за микроклиматом приземного слоя воздуха осуществлялись с помощью минимальных (ТМ-2) и максимальных (ТМ-1) термометров, установленных на поверхности почвы на высоте 2 и 50 см. Математическая обработка полученных результатов проводилась согласно методикам полевого опыта Б. А. Доспехова (Доспехов, 1985).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования опытного участка была составлена карта распределения остаточных запасов торфа по территории полей севооборота (рис. 2). Площадь выработок, занятая торфяными среднемошными остаточными почвами ($A_T = 100-150$ см), составляет не более 2%, торфяными маломощными остаточными ($A_T = 50-100$ см) — не более 20%, на долю торфяно-глеевых остаточных почв приходится около 20–30%, на остальной территории выработки частично или полностью сработаны. Подобная пестрота почвенного покрова, обусловленная невыравненностью минерального болотного ложа, продолжает усиливаться по мере дальнейшего сельскохозяйственного использования полей в кормовом севообороте.

В табл. 1 приведены данные по физическим и водно-физическим свойствам выработанных участков, расположенных в непосредственной близости друг от друга.

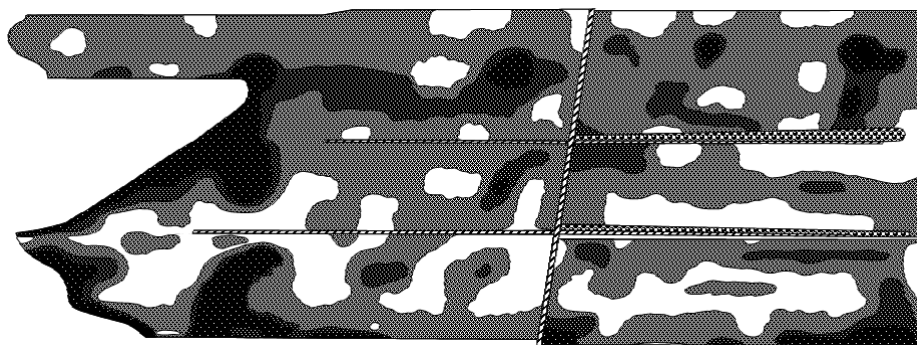


Рис. 2. Мощность остаточного слоя торфа, см.

■ – >100; ■ – 50–100; ■ – 30–50; ■ – 0–30; □ – 0; ▨ – открытые осушители; ▩ – лесополоса

Таблица 1. Физические и водно-физические свойства выработанных торфяников

КУ	Глубина, см.	Порода	УМ	ОМ	% на абсолютно сухую почву					ВЗ:
			г см ⁻³		ПВ	НВ	ВРК	ВЗ	МГ	МГ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Минеральная постторфяная почва										
2	0-21	Торф опесчаненный	2,28 ±0,03	0,98 ±0,06	80,31 ±4,13	73,56 ±3,73	48,76 ±1,46	13,30 ±1,88	3,91 ±0,15	3,40
	21-90	Среднезернистый песок от светлого до темно-серого цвета	2,77 ±0,07	1,63 ±0,06	24,20 ±1,19	19,80 ±0,66	2,70 ±0,07	0,95 ±0,15	0,67 ±0,05	1,42
	90-120	Легкий суглинок серо-сизого цвета	2,70 ±0,04	1,52 ±0,08	26,10 ±1,51	22,80 ±0,23	12,50 ±1,46	6,94 ±0,24	5,71 ±0,67	1,22
Коэффициент вариации (V), %			10,26	25,27	73,18	78,02	113,81	87,44	74,46	
Торфянисто-глеевая остаточная почва										
5	0-30	Торф травянисто-древесный распыленный	1,70 ±0,05	0,28 ±0,01	288,73 ±10,60	242,74 ±10,01	177,08 ±12,21	64,58 ±1,07	29,53 ±1,45	2,19
	30-55	Среднезернистый песок серого цвета	2,60 ±0,07	1,63 ±0,06	23,50 ±1,00	18,60 ±0,47	2,70 ±0,07	1,77 ±0,13	1,52 ±0,07	1,16
	55-110	Средний суглинок кирпично-бурого цвета с включениями карбонатного щебня	2,62 ±0,04	1,69 ±0,09	28,32 ±0,95	26,07 ±0,61	21,34 ±1,93	8,29 ±0,59	4,63 ±0,24	1,79
Коэффициент вариации (V), %			22,8	66,4	133,7	132,9	142,8	138,8	129,1	
Торфяная маломощная остаточная почва										
8	0-20	Торф травянисто-древесный распыленный	1,64 ±0,06	0,26 ±0,01	310,00 ±6,12	261,58 ±12,33	147,67 ±6,09	60,57 ±0,86	19,88 ±1,32	3,05
	20-60	Торф травянисто-древесный уплотненный темно-коричневого цвета	0,99 ±0,05	0,23 ±0,01	380,77 ±11,10	355,52 ±9,53	290,97 ±13,39	79,25 ±4,65	23,17 ±1,23	3,42
	60-105	Торф травянисто-древесный сильно уплотненный	1,37 ±0,01	0,25 ±0,03	379,84 ±7,10	336,19 ±4,22	289,51 ±7,49	72,49 ±3,28	21,25 ±1,18	3,41
	110-140	Среднезернистый песок серовато-охристого цвета	2,77 ±0,07	1,63 ±0,06	24,20 ±0,67	19,20 ±0,46	2,70 ±0,07	0,95 ±0,15	0,67 ±0,05	1,42
Коэффициент вариации (V), %			45,3	116,8	62,00	63,6	75,3	67,1	64,4	
Минеральная постторфяная почва с погребенным торфом										
9	0-35	Органоминеральный субстрат, образовавшийся при прокладке канала	2,17 ±0,06	1,35 ±0,03	33,70 ±1,77	27,01 ±1,48	20,91 ±0,34	8,30 ±0,61	4,36 ±0,16	1,90
	35-45	Торф древесно-осоковый уплотненный темно-коричневого цвета	1,11 ±0,05	0,18 ±0,02	400,25 ±8,42	350,06 ±5,17	230,71 ±11,05	82,00 ±4,69	23,77 ±1,87	3,45
	45-60	Торф древесно-осоковый менее уплотненный коричневого цвета	0,87 ±0,04	0,12 ±0,01	510,10 ±7,97	440,66 ±7,74	310,13 ±8,94	96,00 ±6,54	26,72 ±1,82	3,59
	65-110	Среднезернистый песок серого цвета	2,77 ±0,07	1,63 ±0,06	24,00 ±1,48	19,60 ±0,53	2,70 ±0,07	0,95 ±0,15	0,67 ±0,05	1,42
Коэффициент вариации (V), %			51,7	95,4	103,4	104,1	108,4	105,0	95,6	
Коэффициент вариации пахотных горизонтов (V), %			16,7	75,0	79,4	78,3	76,5	81,8	86,8	

Примечание: 95%-й доверительный интервал для среднего значения ($\bar{x} \pm t_{0,5} s_{\bar{x}}$).

Полученные данные свидетельствуют о существенной пестроте почвенного профиля выработанных торфяников в вертикальном направлении, выраженной в частой смене различных генетических горизонтов. В зависимости от величины остаточного слоя торфа может изменяться даже вид новой почвы. Строение среднего профиля является следующим. Сверху – торф, мощность которого варьируется от 0 до 1,5 м, далее – контактно-переходный горизонт, иногда оглеенный. Часто встречаются несколько оглеенных горизонтов в виде слабопроницаемых линз. Еще глубже незначительная прослойка среднезернистых песков подстилается суглинками и глинами. Указанное переслоение происходит в пределах 1,0–1,5 м, отчего некоторые полностью выработанные участки схожи с двучленными почвами. Особого внимания заслуживает искусственный профиль с погребенным торфом, образовавшийся во время выемки грунта при прокладке осушительных каналов. Оказавшийся на глубине 0,3–0,6 м торф служит идеальным компенсатором влаги, причем в таком состоянии он может функционировать бесконечно долгое время.

Значения коэффициента вариации (до 142,8%) водно-физических свойств почвенных горизонтов во всех представленных разрезах свидетельствуют об их ярко выраженной неоднородности в пределах каждого профиля. Кроме того, показатели водно-физических свойств пахотных горизонтов в разрезах также представляют собой крайне неоднородную совокупность чисел (в среднем более 70%). Такой разброс агрофизических показателей в пределах опытного участка значительно усложняет обработку почвы, прикапывание и, самое главное, посев кормовых культур. При определении глубины заделки семян, необходимости в прикапывании и выборе орудий для него (гладкий, кольчатый катки) необходимо учитывать степень оторфованности производственного поля.

Формирование агрохимических свойств почвы на опытном участке во многом зависит от непосредственной близости к корнеобитаемому слою подстилающих минеральных пород, богатых кальцием. В случае их близкого расположения в почвенном профиле отмечаются смещение в щелочную сторону значения обменной кислотности (pH_{KCl}) и низкие показатели гидролитической кислотности (Н), относительно высокое содержание оснований (СаО) и, как результат, высокая степень насыщенности почвенно-поглощающего комплекса (ППК) основаниями, которая еще больше увеличивается по мере близости к карбонатным породам, достигая 99,6%. Однако основной особенностью, еще больше усложняющей ситуацию с почвенной пестротой, является крайне выраженный разброс содержания подвижных соединений основных элементов питания, обусловленный степенью сработки торфяной залежи (табл. 2).

Установлено, что на глубоко оторфованных участках элементами первой необходимости являются фосфор, калий и лишь затем азот. По мере сработки залежи картина изменяется. Так, на полностью сработанных участках элементы по степени

значимости располагаются в следующий ряд: азот, фосфор, калий (Уланов, 2005). Вполне очевидно, что в условиях выработок довольно сложно осуществлять технологическое управление пищевым режимом большинства культур.

В более ранних исследованиях, проведенных на данном торфомассиве (Уланов, 2005), установлено, что заморозкоопасность повышается по мере увеличения слоя остаточного торфа и уменьшения его влажности. Результаты настоящего исследования в целом подтвердили выявленную зависимость. Конечно, такие факторы, как степень осушения и рельеф местности, также накладывают некоторый отпечаток на процесс формирования температурного режима приземного слоя воздуха, но в меньшей мере, чем степень оторфованности участка. При мощности остаточного слоя торфа на участке более 40–60 см обычным явлением здесь будет возникновение сверххранных адвективно-радиационных заморозков вне зависимости от положения участка в рельефе. При этом заморозки на таких участках в 1,5–2,0 раза сильнее, чем на полностью сработанных участках (табл. 3). В отличие от последних, на участках с торфяной маломощной остаточной почвой заморозки могут появляться даже в июле.

Многолетние наблюдения за микроклиматом приземного слоя воздуха позволяют составить микроклиматические карты-схемы всех производственных полей с выделением наиболее заморозкоопасных зон. При помощи таких карт можно скорректировать размещение по территории севооборотов культур, наиболее уязвимых к температурному режиму.

ВЫВОДЫ

1. Полная техногенная сработка торфяной залежи качественно и количественно изменяет классификационную принадлежность выработанных торфяников.

2. Сложный рельеф выходящего на поверхность болотного дна, обуславливающий крайне выраженный разброс по территории остаточного слоя торфа, формирует неблагоприятную агротехническую среду обитания для многих кормовых культур. Ситуация еще более усложняется отчетливо выраженной вертикальной пестротой водно-физических свойств профиля, обусловленной многократным переслоением подстилающих пород различного генезиса.

3. В условиях производственного (ограниченного) агрофона старопахотные выработки характеризуются низким содержанием основных элементов питания, однако близость карбонатных пород создает благоприятный кислотный режим по всему профилю.

Различная оторфованность производственных участков обуславливает разнообразие температурного режима приземного слоя воздуха. С увеличением слоя торфа и снижением его влажности повышается вероятность появления позднеосенних и раннеосенних заморозков.

4. Указанные особенности почвенного покрова выработок свидетельствуют о том, что данные объекты являются наиболее подходящими для практического применения технологий точного земледелия.

Таблица 2. Агрохимическая характеристика выработанных торфяников на опытных участках, среднее за 2014-2016 гг.

Слой, см	Зола, %	Углерод, %	Обменная кислотность, рН _{KCl}	Al подвижный, мг 100 г ⁻¹ почвы	Гидролитическая кислотность (H)	Сумма обменных оснований (S)	Степень насыщенности основаниями V, %	Общий азот, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
					Мг-экв 100 г ⁻¹ почвы				Мг 1000 г ⁻¹ почвы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Минеральная постторфяная почва с погребенным торфом (КУ 1)											
0-30	88,1±1,01	5,6±0,16	7,3±0,18	0,02±0,00	0,41±0,01	45,4±1,15	96,3±1,32	0,26±0,01	68±1,61	4,1±1,13	2390±71,7
30-45	13,2±0,43	47,7±1,13	7,0±0,09	1,80±0,05	19,30±0,43	163,0±3,26	87,8±2,01	1,57±0,04	34±0,99	126±3,58	38300±964,5
45-60	89,5±1,85	3,4±0,08	6,6±0,12	0,01±0,00	0,93±0,02	30,4±0,79	97,0±0,91	0,19±0,01	32±0,87	77±2,05	7130±216,9
60-140	99,4±0,16	0,4±0,01	7,1±0,08	0,16±0,01	0,26±0,01	3,6±0,09	93,3±1,52	0,02±0,00	106±2,71	32±0,74	1450±39,7
Минеральная постторфяная почва (КУ 4)											
0-22	85,7±2,03	8,8±0,25	6,6±0,07	0,01±0,00	1,62±0,04	28,6±0,81	94,6±0,61	0,29±0,01	85±2,29	73±2,11	9530±216,7
22-50	99,2±0,17	0,5±0,02	7,5±0,09	0,27±0,01	0,31±0,01	3,4±0,06	77,1±1,96	0,01±0,00	136±4,01	31±0,88	1480±41,2
50-100	94,6±2,15	0,8±0,02	7,3±0,11	0,08±0,00	0,17±0,01	41,2±1,22	99,6±0,12	0,02±0,00	45±1,35	62±1,88	30660±877,3
100-120	94,3±1,98	0,9±0,03	7,0±0,12	0,13±0,00	0,19±0,01	45,5±1,06	99,6±0,17	0,02±0,00	68±1,73	82±2,41	20710±519,1
Торфянисто-глиевая остаточная почва (КУ 5)											
0-30	33,5±1,01	41,9±1,16	5,6±0,08	1,44±0,04	59,00±1,07	81,0±2,34	57,0±1,52	1,52±0,04	70±2,11	183±5,19	28850±697,1
35-55	99,2±0,17	0,3±0,01	6,9±0,10	0,24±0,01	0,39±0,01	5,8±0,16	93,7±1,93	0,03±0,00	134±3,96	30±0,86	1990±52,4
55-110	93,0±0,96	0,8±0,02	7,5±0,11	0,11±0,00	0,18±0,01	3,9±0,11	95,6±2,15	0,02±0,00	12±0,31	54±1,44	25690±750,4
110-120	91,8±1,31	0,9±0,03	7,4±0,16	0,05±0,00	0,23±0,01	5,8±0,13	96,2±0,94	0,02±0,00	13±0,24	75±2,15	24570±624,8
Торфяно-глиевая остаточная почва (КУ 6)											
0-20	53,1±1,43	36,0±1,04	5,9±0,17	0,82±0,02	34,5±0,96	72,8±2,08	67,8±2,01	0,84±0,02	68±1,96	139±4,07	24550±599,2
20-45	11,8±0,33	46,0±1,33	6,1±0,06	0,01±0,00	35,6±0,83	153,5±4,33	81,2±2,13	1,15±0,03	34±1,02	142±4,16	53520±1509,3
45-70	98,1±0,66	0,4±0,01	6,8±0,15	0,13±0,00	0,63±0,02	5,4±0,15	89,6±2,64	0,04±0,00	69±1,15	29±0,78	2590±71,7
70-100	98,1±0,73	0,5±0,01	7,2±0,19	0,11±0,00	0,58±0,02	8,5±0,19	93,6±2,19	0,04±0,00	76±1,94	34±0,89	3660±102,2
100-120	95,6±0,93	0,9±0,03	7,6±0,17	0,07±0,00	0,18±0,01	32,2±0,93	99,4±0,16	0,02±0,00	50±1,42	37±0,96	31200±882,3
Торфяная маломощная остаточная почва (КУ 8)											
0-20	37,6±1,02	39,2±1,07	5,6±0,10	1,17±0,03	52,4±1,17	65,8±1,94	55,7±1,61	1,36±0,04	107±3,11	195±5,32	37080±993,6
20-60	9,6±0,24	46,0±1,18	6,2±0,12	0,34±0,01	47,9±1,07	147,5±4,22	75,5±1,97	1,48±0,03	99±2,13	148±3,61	49310±1225,3
60-105	14,5±0,35	43,4±0,96	6,3±0,13	0,90±0,02	45,5±0,94	124,0±3,65	73,2±1,84	1,69±0,03	28±0,76	151±2,57	53880±1615,2
105-110	93,7±1,66	2,6±0,07	6,2±0,09	0,01±0,00	1,62±0,04	19,2±0,37	92,2±2,16	0,10±0,00	28±0,69	44±1,21	5190±141,7
110-140	98,9±0,19	0,3±0,01	7,1±0,15	0,25±0,01	0,43±0,01	5,8±0,15	93,1±2,59	0,17±0,00	143±4,19	29±0,72	1970±52,4

Примечание: ошибка выборочной средней $s_{\bar{x}}$.

Таблица 3. Температурные минимумы на поверхности почвы разноотторфованных участков в дни появления заморозков

	21.08.15		31.08.16	
	КУ 2	КУ 7	КУ 2	КУ 7
Слой торфа, см	0	70	0	70
Температура, °С	2,6	-1,5	3,0	-3,0
Разница температур, °	4,1		6,0	

Список литературы

- Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / Под ред. Кирюшина В. И., Иванова А. Л. М., 2005. 784 с.
- Афанасик Г.Н. Некоторые аспекты регулирования водного, теплового и питательного режимов торфяных почв // Труды Бел. НИИМиВХ. Мелиорация и использование торфяников Полесья. Минск, 1975. С. 3–9.
- Белковский В.И., Лихацевич А.П., Мееровский А.С. Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше. Минск, 2002. 280 с.
- Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / Монография под ред. Иванова А. Л., Кирюшина В. И. М., 2009. 518 с.
- ГОСТ 26207-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.
- ГОСТ 26485-85 Почвы. Определение обменного (подвижного) алюминия по методу ЦИНАО.
- ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО (с поправкой).
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Зайко С.М., Вашкевич Л.Ф., Горблюк А.В. Классификация минеральных почв, образовавшихся на месте сработанных торфяников // Почвоведение. 1997. № 1. С. 36–41.
- Каштанов А.Н. Земледелие. Избранные труды. М., 2008. 685 с.
- Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирования агроландшафтов. М.: Колос, 2011. 433 с.
- Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агроландшафты Поволжья. Районирование и управление. М.-Киров, 2010. 336 с.
- Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельскохозяйственном производстве России. М., 2018. 132 с.
- Лученок Л.Н. Эволюция ландшафтов в регионе Белорусского Полесья при осушении болот // Болота и биосфера. Материалы Междунар. IX школы молодых ученых. Владимир, 2015. С. 87–92.
- Манокина Н., Пашинская Л.О. Возможности возделывания сельскохозяйственных культур на выработанном торфянике // Уральские нивы. 1971. № 7. С. 26–29.
- Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот. Томск, 2008. 424 с.
- Смеян Н.И., Цитрон Г.С. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси // РУП Институт почвоведения и агрохимии. Минск, 2007. 220 с.
- Уланов А.Н. Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России. Киров, 2005. 320 с.

References

- Agroekologicheskaja ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnyh sistem zemledelija i agrotehnologij* [Agro-ecological assessment of lands, design of adaptive landscape systems of agriculture and agrotechnologies] / Pod red. Kirjushina V.I., Ivanova A.L. Moscow, 2005. 784 p.
- Afanasik G.N. Nekotorye aspekty regulirovanija vodnogo, teplovogo i pitatel'nogo rezhimov torfjanyh pochv [Some aspects of regulation of water, heat and nutrient regimes of peat soils] // *Trudy Bel. Niimivh. Melioracija i ispol'zovanie torfjanikov Poles'ja*. Minsk, 1975. PP. 3–9.

- Belkovskij V.I., Lihacevich A.P., Meerovskij A.S. *Ispol'zovanie i ohrana torfjanyh kompleksov v Belarusi i Pol'she* [Use and protection of peat complexes in Belarus and Poland]. Minsk, 2002. 280 p.
- Global'nye izmenenija klimata i prognoz riskov v sel'skom hozjajstve Rossii* [Global climate change and the forecast of risks in agriculture of Russia] / Monografiya pod red. Ivanova A.L., Kirjushina V.I. Moscow, 2009. 518 p.
- GOST 26207-91 *Pochvy. Opredelenie podvizhnyh soedinenij fosfora i kalija po metodu Kirsanova v modifikacii CINAO* [Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Kirsanov's method in the modification of the CRIAS].
- GOST 26485-85 *Pochvy. Opredelenie obmennogo (podvizhnogo) aljuminija po metodu CINAO* [Soils. Determination of exchange (mobile) aluminum by the method of the CRIAS].
- GOST 26487-85 *Pochvy. Opredelenie obmennogo kal'cija i obmennogo (podvizhnogo) magnija metodami CINAO (s Popravkoj)* [Soils. Determination of exchangeable calcium and exchange (rolling) of magnesium by the methods of the CRIAS (with Amendments)].
- Dospehov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
- Zajko S.M., Vashkevich L.F., Gorbljuk A.V. Klassifikacija mineral'nyh pochv, obrazovavshisja na meste srobotannyh torfjanikov [Classification of mineral soils formed on the site of worked peatlands] // *Pochvovedenie*, 1997, no. 1, pp. 36–41.
- Kashtanov A.N. *Zemledelie. Izbrannye trudy* [Agriculture. Selected works]. Moscow, 2008. 685 p.
- Kirjushin V.I. *Teorija adaptivno-landshaftnogo zemledelija i proektirovanija agrolandshaftov* [The theory of adaptive-landscape agriculture and design of agrolandscapes]. Moscow: Kolos, 2011. 433 p.
- Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Jakovleva E.P. *Agrolandshafty Povolzh'ja. Rajonirovanie i upravlenie* [Agrolandscapes Of The Volga Region. Zoning and management]. Moscow-Kirov, 2010. 336 p.
- Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Jakovleva E.P. *Racional'noe prirodopol'zovanie i kormoproizvodstvo v sel'skohozjajstvennom proizvodstve Rossii* [Rational nature management and fodder production in agricultural production in Russia]. Moscow, 2018. 132 p.
- Luchenok L.N. *Jevoljucija landshaftov v regione Belorusskogo Poles'ja pri osushenii bolot* [Evolution of landscapes in the region of the Belarusian Polesye at drainage of bogs] // *Bolota i biosfera. Materialy Mezhdunar. IX shkoly molodyh uchenyh*. Vladimir, 2015, pp. 87–92.
- Manokina N., Pashinskaja L.O. *Vozmozhnosti vzdelyvanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur na vyrabotannom torfjanike* [Possibilities of cultivation of agricultural crops on the depleted peatland] // *Ural'skie nivy*, 1971, no. 7, pp. 26–29.
- Maslov B.S. *Gidrologija torfjanyh bolot* [Hydrology of peat bogs]. Tomsk, 2008. 424 p.
- Smejan N.I., Citron G.S. *Klassifikacija, diagnostika i sistematicheskij spisok pochv Belarusi* [Classification, diagnosis and systematic list of soils in Belarus] // RUP Institut pochvovedenija i agrohimii. Minsk, 2007. 220 p.
- Ulanov A.N. *Torfjanye i vyrabotannye pochvy juzhnoj tajgi Evro-Severo-Vostoka Rossii* [Peaty and depleted soils of the southern taiga of the Euro-North-East of Russia]. Kirov, 2005. 320 p.