

УДК 631.421:631.427

**Л. Н. Лученок**

Институт мелиорации, Минск, Республика Беларусь

## **ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ И ИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДОРОДИЯ В ПОСТМЕЛИОРАТИВНЫЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ**

Целью исследований являлось проведение фактической оценки параметров трансформации торфяных почв Белорусского Полесья при длительном (более 450 лет) постмелиоративном периоде их сельскохозяйственного использования. Используя общеизвестные методы, изучали содержание органического вещества, дегидрогеназную активность, плотность структурного скелета, фракционный состав почвенного азота. Установлено, что уже в первые годы после осушения на месте маломощных, торфяно- и торфянисто-глеевых почв формируется ряд почвенных разновидностей с содержанием органического вещества менее 50 %. При этом повышается плотность структурного скелета, снижается водоудерживающая способность, на порядок увеличивается содержание подвижных форм фосфора и калия, которое достигает 640 и 475 мг/кг соответственно. Запасы легкогидролизуемого азота стабильны по стадиям трансформации торфяных почв и находятся в пределах 0,5–1,2 т/га в зависимости от условий вегетационного периода и возделываемой культуры. Запасы минерального азота варьируют от 0,05 (при содержании органического вещества ~ 5 %) до 0,25 т/га (~ 80 %). Минерализованные торфяные почвы имеют оптимальный для растений качественный состав пула азота за счет увеличения в них доли минерального азота. Эмиссия углекислого газа и биохимическая активность определяются содержанием органического вещества и связанной с ним водоудерживающей способностью. Эмиссия не зависит от длительности сельскохозяйственного использования и возделываемой культуры. При сельскохозяйственном использовании торфяные почвы позволяют реализовывать свою производительную способность на высоком уровне (до 10 т к. е./га и более) без ограничений на производство. При этом современные подходы к их эксплуатации обеспечивают сохранение плодородия за счет предотвращения дефляции и минерализации органического вещества.

Ключевые слова: торфяные почвы, органическое вещество, эмиссия углекислого газа (CO<sub>2</sub>), Полесье, ферментативная активность, параметры плодородия.

**L. N. Luchanok**

Institute for Land Reclamation, Minsk, Belarus

## **SPECIFICS OF PEAT SOILS TRANSFORMATION AND THEIR PARAMETERS OF FERTILITY AFTER LAND RECLAMATION IN BELARUS**

The aim of the research is to make actual assessment of the parameters of peat soil transformation in Belarussian Polesie under long-term period of their agricultural use after land reclamation. Using well-known methods we have studied such parameters as content of organic matter, dehydrogenase activity, soil specific gravity, fraction content of soil nitrogen. It is established that first years after drainage several soil varieties with soil organic matter content less than 50 % form in place of shallow peat and peat-gley soils. At the same time soil specific gravity increases, water retention reduces, and the content of labile forms of phospho-

rus and potassium rises by an order of magnitude, which reaches 640 and 475 mg/kg respectively. Stocks of hydrolyzable nitrogen are stable by the steps of peat soil transformation and vary within 0.5–1.2 t/ha depending on conditions of vegetative season and crop. Stocks of mineral nitrogen vary from 0.05 (at soil organic matter content ~ 5 %) to 0.25 t/ha (~ 80 %). Mineralized peat soils have an optimal qualitative content of nitrogen pool for crops by increasing the portion of mineral nitrogen. Carbon dioxide emission and biochemical activity are determined by organic matter content and associated with them water retention. Emission does not depend on the duration of agricultural use and growing crop. During agricultural use, peat soils allow the implementation of its productive capacity at a high level (up to 10 t/ha and more) without any restrictions on production. Wherein, modern approaches to their use provide the preservation of fertility by preventing deflation and mineralization of organic matter.

Keywords: peat soils, organic matter, carbon dioxide emission, Polesie, enzymatic activity, parameters of fertility.

**Введение.** В регионе Белорусского Полесья большинство торфяных почв (площадью около 0,7 млн га) осушены более 30 лет назад и интенсивно используются в сельском хозяйстве. В результате их водно-физические, агро- и биохимические свойства, характеризующие процессы трансформации торфяного слоя и его плодородие, изменились и продолжают изменяться [1–9]. Установлено, что по истечении 10–20-летнего периода с начала осушения заканчивается активная фаза трансформации органического вещества (ОВ), а после 40–50 лет практически наступает стабилизация биохимических процессов, что подтверждают данные по ферментативной активности. Изучение изменения водно-физических свойств антропогенно-преобразованных торфяных почв показало, что по сравнению с вновь осушенной торфяной почвой в них уменьшилась полная и капиллярная влагоемкость, изменились запасы продуктивной влаги. Это связано с уплотнением торфяного слоя и особенно с припахиванием к нему подстилающей породы в ходе сельскохозяйственного использования. Таким образом, полученные в первые годы после осушения прогнозы эволюции торфяных почв и их ОВ в настоящее время требуют уточнения и существенной корректировки, которые базировались бы на новых данных, полученных на осушенных более 40 лет назад реальных объектах.

В данной работе представлены материалы обследования органогенного слоя, сформированного на месте торфяных почв различной мощно-

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 2(18), 2015 г., [111–121] сти, с максимально доступными сроками сельскохозяйственного использования мелиоративных объектов.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на совокупности мелиоративных объектов Белорусского Полесья: канал Бона (~ 450 лет после осушения, Кобринский район Брестской области); объект «Лопатино» (исходное название – польдер Кристиново, ~ 250 лет, Пинский район Брестской области); мелиоративная система Марьинская (исходное название – болото Марьино, ~ 100 лет, Любанский район Минской области); Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗиЛ, ~ 45–50 лет, Лунинецкий район Брестской области). Торф на объектах низинный, по ботаническому составу осоково-тростниковый или тростниково-осоковый (70–80 : 30–20 %), допускаются включения остатков древесины лиственной (до 15 %). Подстилающая порода – песок. На каждом объекте были подобраны точки с содержанием ОВ более 50 %, 20–34 % и менее 10 %.

Содержание ОВ измеряли методом прокаливания (СТБ 2042–2010)<sup>1</sup>. Содержание подвижных форм фосфора и калия – по методу Кирсанова. Активность дегидрогеназы, используемую как индикатор общей микробиологической активности изучаемых почв, определяли по модифицированному методу Ленарда [10]. Фракционный состав почвенного азота устанавливали по методу Н. Н. Семененко [11]. Скорость (интенсивность) эмиссии диоксида углерода с поверхности изучаемых объектов измеряли камерным методом. Концентрацию CO<sub>2</sub> в газовых пробах определяли на хроматографе «Кристаллюкс-4000М».

**Результаты и обсуждение.** На всех исследованных мелиоративных объектах в реперных точках определяли плотность структурного скелета. Установлено, что она определяется содержанием ОВ в органогенном слое и хорошо ( $R^2 = 0,8447$ ) аппроксимируется степенной зависимостью:

---

<sup>1</sup> СТБ 2042–2010 «Торф. Методы определения влаги и зольности».

$$\rho = 4,3003 \cdot C_{\text{ОВ}}^{-0,5935},$$

где  $\rho$  – плотность структурного скелета, г/см<sup>3</sup>;

$C_{\text{ОВ}}$  – содержание ОВ в органогенном слое 0–20 см, %.

Кроме того, с учетом осадки торфяного слоя при сельскохозяйственном использовании, происходящей после углублений сети при реконструкциях [12], была получена модель механической трансформации торфяных почв. Среднемощные и мощные торфяные почвы трансформировались в агроторфяные с содержанием ОВ более 50 %, а маломощные торфяные, торфянисто- и торфяно-глеевые после осадки и механического перемешивания с подстилающей песчаной породой формируют целый комплекс дегроторфяных почв с содержанием ОВ менее 50 % (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Модель механической трансформации торфяных почв (классификация почв по Н. И. Смяну [13])**

В связи с тем, что на всех объектах, независимо от длительности осушения и зоны дислокации на территории республики, были представлены почвы от агроторфяных до дегроторфяных с различным содержанием ОВ, подтверждается вывод, что этот вид трансформации заканчивается в первые годы после осушения, а в дальнейшем скорость ее значительно замедляется. Вклад механической трансформации в общее их изменение –

около 80 %. При ограничении и соблюдении глубины обработки почвы (до 25 см) при сельхозиспользовании механическую трансформацию можно практически предотвратить.

Кроме того, в процессе сельскохозяйственного использования происходит накопление валовых и подвижных форм фосфора и калия (таблица 1). Так, осушенные торфяные почвы региона Полесья, находящиеся в различных стадиях трансформации, в настоящее время характеризуются содержанием подвижных форм фосфора и калия 120–642 и 100–475 мг/кг соответственно.

**Таблица 1 – Изменение агрохимических свойств торфяных почв различных стадий трансформации (слой 0–20 см) под влиянием сельскохозяйственного использования (ПОСМЗиЛ)**

Почва	ОВ, %	Содержание				
		N <sub>общ</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
			валовый, %	подвижный, мг/кг	валовый, %	подвижный, мг/кг
1956 г. (на момент осушения) [14–16]						
Маломощная торфяная	~ 81	2,6–3,2	0,25–0,32	~ 35	0,024–0,063	~ 23
2009–2013 гг. (после 40 лет использования)						
Маломощная торфяная (заповедник)	~ 84	~ 3,82	0,32	-	0,07	-
Маломощная торфяная	~ 83	~ 3,60	0,54	340–840	0,17	200–800
Торфяно-минеральная	~ 22	~ 1,2	-	~ 376	-	~ 400
Минеральная постторфяная	~ 5	~ 0,09	-	~ 200	-	~ 270

Важным показателем, характеризующим плодородие торфяных почв, является содержание доступных растениям форм азота (минерального и близкого резерва – легкогидролизуемого). Установлено, что фракционный состав почвенного азота определяется содержанием ОВ в органогенном слое 0–20 см (таблица 2). Однако для оценки плодородия торфяных почв различных стадий трансформации и различной длительности сельскохозяйственного использования необходимо оценивать запасы азота (т/га) в них с учетом всех происходящих с этими почвами изменений (осадки, уплотнения и т. д.).

**Таблица 2 – Зависимости содержания и запасов азота различных фракций от ОВ (%) в антропогенно-преобразованных торфяных почвах**

Фракция азота	Зависимость*	$R^2$
Содержание N, мг/кг		
Валовый азот	$N_g = 312,85 \cdot \text{ОВ}$	0,99
Негидролизуемый азот	$N_{uh} = 259,06 \cdot \text{ОВ}$	0,98
Трудногидролизуемый азот	$N_{hl} = 1304,6 \text{Ln}(\text{ОВ}) - 1912$	0,84
Легкогидролизуемый азот	$N_l = 536,79 \text{Ln}(\text{ОВ}) - 1009,3$	0,93
Минеральный азот	$N_m = 1,01 \cdot \text{ОВ}$	0,66
Нитратный азот	$N_{\text{N-NO}_3^-} = 0,50 \cdot \text{ОВ}$	0,82
Аммонийный азот	$N_{\text{N-NH}_4^+} = 0,61 \cdot \text{ОВ}$	0,67
Запасы N, т/га		
Валовый азот	$N_g = 0,1123 \cdot \text{ОВ} + 5,373$	0,5829
Негидролизуемый азот	$N_{uh} = 0,1133 \cdot \text{ОВ} + 3,0443$	0,6902
Минеральный азот	$N_m = 0,0015 \cdot \text{ОВ} + 0,043$	0,4094
Нитратный азот	$N_{\text{N-NO}_3^-} = 0,0011 \cdot \text{ОВ} + 0,0044$	0,8225
Аммонийный азот	$N_{\text{N-NH}_4^+} = 0,0011 \cdot \text{ОВ} + 0,021$	0,7607
Примечание – * – Диапазон содержания ОВ в слое 0–20 см – 3,0–90,0 %		

Так, установлено, что запасы валового, негидролизуемого, нитратного и аммонийного азота зависят от содержания ОВ в слое 0–20 см, в то время как содержание трудногидролизуемого и легкогидролизуемого N находится в одних пределах вне зависимости от стадии трансформации торфяной почвы (таблица 2).

Кроме того, отмечено, что запасы (т/га) валового, негидролизуемого, минерального, нитратного и аммонийного азота в торфяных почвах различных стадий трансформации изменяются в 1,5–2,0 раза, а не в 4–5 раз, как его содержание (мг/кг).

Выявлено, что качественный состав пула азота зависит от стадии трансформации торфяных почв. Основная часть N представлена фракцией негидролизуемого (47–87 % от валового N), который практически не участвует в биологическом круговороте. Чем выше содержание ОВ, тем выше доля негидролизуемого азота. Содержание фракции трудногидролизуемого

N (отдаленного резерва в питании растений) находилось в пределах 12–53 % от валового и было в 2,7–3,7 раза выше по сравнению с легкогидролизуемым N. Отмечена обратная зависимость: чем выше содержание ОВ, тем ниже доля трудногидролизуемого N. Аналогичная тенденция отмечена для легкогидролизуемого и минерального азота. Однако минеральный N был менее вариабелен в зависимости от валового. Его доля колебалась в пределах 0,19–0,39 %. Четкой зависимости доли аммонийного и нитратного азота в общем пуле почвенного N от ОВ не выявлено.

В ходе исследований по оценке эмиссии углекислого газа и общей микробиологической активности (выраженной через активность дегидрогеназы) на разновозрастных объектах не установлена их связь с длительностью сельскохозяйственного использования. На эмиссию CO<sub>2</sub> в некоторой степени оказывает влияние способ сельскохозяйственного использования. Оно может как интенсифицировать ее, так и по различным причинам, связанным с технологическими моментами, тормозить этот процесс. Так, при одинаковом содержании ОВ (87–93 %) на объектах после 40 лет использования (ПОСМЗиЛ, травы) и после 100 лет (объект «Марьинский», картофель) интенсивность выделения CO<sub>2</sub> была в одних пределах и составила (1360 ± 142) и (1052 ± 426) мг C/(м<sup>2</sup>·ч) соответственно.

При содержании ОВ в пределах 75–80 % и сравнимой влажности почвы (27–36 вес. %) в севообороте под ячменем (польдер Кристиново) эмиссия CO<sub>2</sub> в среднем в 1,3–1,6 раза выше, чем в заповеднике или под бессменной культурой трав. Однако минимальные и максимальные значения на этих объектах перекрываются, отражая лишь тенденцию к ее увеличению в севообороте.

При содержании ОВ 50–65 % и влажности 33–44 вес. % эмиссия варьировала от (556 ± 47) мг C/(м<sup>2</sup>·ч) на объекте с 100-летним использованием в севообороте под картофелем до (1190 ± 104) и (1133 ± 123) мг C/(м<sup>2</sup>·ч) под травами на объектах 250 и 450 лет сельскохозяйственного использования соответственно.

Таким образом, под пропашными культурами эмиссия  $\text{CO}_2$  не возрастает в разы, а находится в одинаковых пределах с эмиссией под травами. Возможно, из-за большого количества корневых и пожнивных остатков под последними, процессы минерализации которых выше, чем в севооборотах, интенсивность выделения углекислого газа также выше, т. е. в агроторфяных почвах после 40 лет сельскохозяйственного использования минерализации подвергается свежее ОВ растительных остатков, которых много и под травами, и на слабо осушенных болотах с естественной растительностью.

При содержании ОВ 12–21 % (влажности 2–16 вес. %) под кукурузой на 40-летнем объекте эмиссия такая же, как под травами на 450-летнем объекте  $[(999 \pm 104) \text{ и } (958 \pm 218) \text{ мг С}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})]$ . Возможно, потенциальная эмиссия  $\text{CO}_2$  в севообороте под кукурузой должна быть выше, но она лимитируется почвенно-гидрологическими условиями, создаваемыми при ее возделывании [17]. На польдере Кристиново (250 лет использования) под многолетними травами эмиссия  $\text{CO}_2$  составила  $(1990 \pm 104) \text{ мг С}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , т. е. в 1,75 раза выше, чем под аналогичными травами на канале Бона. Анализ данных показал, что на польдере Кристиново эмиссия  $\text{CO}_2$  выше по сравнению со всеми объектами независимо от содержания в них ОВ.

В ситуации, когда содержание ОВ в органогенном слое опускается ниже 5 %, снижается и эмиссия  $\text{CO}_2$ . Лимитирующим фактором в этом случае может быть снижение весовой влажности почвы до 0,5–0,7 %. При более высокой влажности (6,8 %) на 450-летнем объекте (канале Бона) интенсивность выделения  $\text{CO}_2$  была в среднем в 1,4–1,5 раза выше по сравнению с 40-летним объектом (ПОСМЗиЛ). Однако это незначительное варьирование может быть связано с видовым разнообразием возделываемых на объектах культур.

В целом закономерности общей микробиологической активности, выраженной через интенсивность дегидрогеназы, согласуются с получен-



ными по эмиссии  $\text{CO}_2$  [18]. Оба эти показателя являются индикаторами общей микробиологической активности и отражают интенсивность трансформации ОВ, которые также зависят от содержания ОВ в органогенном слое.

**Выводы.** В процессе сельскохозяйственного использования торфяные почвы претерпевают ряд изменений. Улучшаются их водно-физические, агро- и биохимические свойства. Они трансформируются в ряд почвенных разновидностей с различным содержанием ОВ. При этом возрастает содержание подвижных форм фосфора и калия, которое зависит от уровня агротехники. Запасы почвенного азота в органогенном слое почвы 0–20 см относительно стабильны по стадиям трансформации торфяных почв. Азотный режим почв определяется не длительностью их сельскохозяйственного использования (на каждом объекте представлены почвы от агроторфяных до минеральных остаточно-торфяных с низким содержанием ОВ или постторфяных), а степенью их трансформации, которая зависит от первоначальной мощности торфяной залежи.

В торфяных почвах с содержанием ОВ более 60 % эмиссия  $\text{CO}_2$  с поверхности не зависит ни от длительности сельскохозяйственного использования, ни от возделываемой культуры. Снижение содержания ОВ в почвах до 5–10 % приводит к снижению эмиссии в 2–10 раз. Отмечено, что эмиссия  $\text{CO}_2$  связана с почвенной влажностью, которая может значительно ее лимитировать. При трансформации торфяных почв снижаются их вододерживающие свойства, что нелинейно влияет на минерализацию. Кроме того, не получено достоверных различий между эмиссией  $\text{CO}_2$  под травами и кукурузой, картофелем или зерновыми. Полученные зависимости эмиссии  $\text{CO}_2$  и активности дегидрогеназы с поверхности торфяных почв различных стадий трансформации свидетельствуют о возможности характеризовать трансформацию их ОВ двумя показателями или использовать только ферментативную активность как наиболее доступный.

Таким образом, на длительном лаге постмелиоративного периода торфяные почвы приобретают ряд позитивных свойств, позволяющих без ограничений вести на них высокопродуктивное производство. При этом современные подходы обеспечивают сохранение их плодородия за счет предотвращения дефляции и минерализации ОВ. Уровень производительной способности торфяных почв различных стадий трансформации может достигать 10 тонн кормовых единиц на гектар.

### Список литературы

1 Трыбис, В. П. Количество CO<sub>2</sub> в почвенном воздухе и урожай растений / В. П. Трыбис, В. М. Пятницкий // Вести АН БССР. Серия сельскохозяйственных наук. – 1977. – № 1. – С. 40–42.

2 Физико-химические свойства торфяно-болотных и заболоченных почв БССР и их изменения под влиянием мелиорации и сельскохозяйственного освоения / И. С. Лупинович [и др.] // Основные результаты научно-исследовательской работы Института мелиорации за 1956 г. – Минск, 1957. – С. 3–6.

3 Биологическая активность маломощных торфяных почв и ее изменение под влиянием мелиорации и освоения / Т. А. Щербакова [и др.] // Проблемы Полесья. – Минск, 1975. – Вып. 4. – С. 228–247.

4 Что надо знать об обработке торфяных почв / Г. Д. Белов [и др.]. – Минск: Урожай, 1978. – 56 с.

5 Характеристика торфяно-болотных и заболоченных почв Белорусской ССР / И. С. Лупинович [и др.] // Некоторые результаты научно-исследовательской работы института за 1955 г. – Минск, 1956. – С. 30–45.

6 Семененко, Н. Н. Влияние осушения и сельскохозяйственного использования на трансформацию химического состава торфяных почв / Н. Н. Семененко // Мелиорация. – 2009. – № 2(62). – С. 147–152.

7 Лихацевич, А. П. Изменение свойств маломощной торфяной почвы в процессе многолетнего сельскохозяйственного использования / А. П. Лихацевич, Н. М. Авраменко, В. В. Ткач // Вести Академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2011. – № 2. – С. 60–65.

8 Русак, Т. И. Влажность устойчивого завядания на старопахотных торфяных почвах Полесья / Т. И. Русак, Э. Н. Шкутов // Мелиорация. – 2008. – № 2(60). – С. 154–162.

9 Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy / J. Couwenberg [et al.] // Hydrobiologia. – 2011. – № 674. – Р. 67–89.

10 Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 178 с.

11 Семененко, Н. Н. Агрохимические методы исследования состава соединений азота, фосфора и калия в торфяных почвах / Н. Н. Семененко. – Минск: Белорусская наука, 2013. – 78 с.

12 Лученок, Л. Н. Влияние мелиорации на трансформацию и плодородие торфяных почв Беларуси / Л. Н. Лученок, Э. Н. Шкутов // Мелиорация и водное хозяйство XXI века: проблемы и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Тверь (Россия) / ФГБНУ ВНИИМЗ. – 2014. – Кн. I. – С. 58–63.

13 Смян, Н. И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н. И. Смян, Г. С. Цитрон; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2007. – 220 с.

14 Белковский, В. И. Плодородие и использование торфяных почв / В. И. Белковский, В. М. Горошко. – Минск: Урожай, 1981. – 295 с.

15 Жилина, В. С. Динамика микроэлементов при осушении и использовании торфяно-болотных почв / В. С. Жилина, В. И. Белковский, А. Сапек // Мелиорация и использование торфяников Полесья: сб. науч. тр. – Минск, 1975. – С. 95–99.

16 Семенченко, А. В. Полесская опытная станция / А. В. Семенченко, Н. М. Авраменко. – Пинск: КУП «Пинская региональная типография», 2006. – 67 с.

17 Davidson, E. A. Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest / E. A. Davidson, E. Belk, R. D. Boon // *Global Change Biology*. – 1998. – Vol. 4. – P. 217–227.

18 Tiwari, M. B. Enzyme activity and carbon dioxide evolution from upland and wetland rice soil under three agricultural practices in hilly regions / M. B. Tiwari, B. K. Tiwari, R. R. Mishra // *Biology and Fertility of Soils*. – 1989. – Vol. 7, № 4. – P. 359–364.

---

**Лученок Людмила Николаевна**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: заведующая лабораторией

Место работы: Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации»

Адрес организации: ул. М. Богдановича, 153, г. Минск, Республика Беларусь, 220040

E-mail: l\_luchенок@mail.ru

**Luchanok Liudmila Nikolaevna**

Degree: Candidate of Agricultural Science

Title: Associate Professor

Position: Head of laboratory

Affiliation: Republican Scientific branch unitary daughter enterprise “Institute for Land Reclamation”

Affiliation address: M. Bogdanovicha str., 153, Minsk, Belarus, 220040

E-mail: l\_luchенок@mail.ru