

УДК 631.416.1:631.445.12(476)

АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

© 2020 г. Л. Н. Лученок

*Институт мелиорации
220040 Минск, ул. Некрасова, 39-2, республика Беларусь
E-mail: l_luchенок@mail.ru*

Поступила в редакцию 29.11.2019 г.

После доработки 15.12.2019 г.

Принята к публикации 10.03.2020 г.

Представлены данные по фракционному составу пула азота в торфяных почвах различных стадий трансформации, расположенных на территории Беларуси. В торфяных почвах с содержанием органического вещества <50% южной и центральной зон отмечена более высокая доля лабильных фракций N от общего азота в сравнении с агроторфяными, а их запасы увеличиваются с юга на север.

Ключевые слова: торфяные почвы, стадии трансформации, Беларусь, азотный режим, почвенный азот, минеральный азот, легкогидролизуемый азот.

DOI: 10.31857/S0002188120060071

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси осушено и находится в интенсивном сельскохозяйственном производстве около 1 млн га осушенных торфяных почв, которые на сегодняшний день представлены целым комплексом почвенных разновидностей с содержанием органического вещества (*ОВ*) от 5 до >80% [1]. Длительная (более 45 лет) их эксплуатация и появление в результате нее трансформированных (сработанных) торфяных почв с содержанием *ОВ* <50% требует оценки параметров их плодородия, главным образом, азотного режима. Этот показатель учитывается и является определяющим при нормировании доз минеральных азотных удобрений. Большое количество минерального азота, легко высвобождаемого в торфяных почвах сразу после осушения, в настоящее время на порядок меньше, а его образование и накопление во вновь образованных разновидностях изучено недостаточно [2, 3]. Кроме того, необходимо оценивать содержание почвенного азота и его вариабельность в зависимости от биоклиматического потенциала и способа использования пашни [4–6]. Эти данные необходимы для разработки зональных систем земледелия, включающих применение адаптивных доз азотных удобрений, что позволит минимизировать как минерализацию торфяных почв и сохранить их плодородие, так и затраты на внесение азота.

Таким образом, цель работы – оценка азотного режима торфяных почв различных стадий

трансформации, расположенных в 3-х гидролого-климатических зонах Беларуси, а также влияние влажности и температуры на динамику содержания фракций минерального азота.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории Республики Беларусь было проведено экспедиционное обследование ряда мелиоративных объектов с осушенными торфяными почвами, расположенными в южной, центральной и северной гидролого-климатических зонах.

Южная зона: Канал Бона около н.п. Борисово (Кобринский р-н, N52° 10.247', E24° 22.604'), польдер “Кристиново” около н.п. Лопатино (Пинский р-н, N 52°01.578', E 26°18.578'), 2 точки на территории Полесской опытной станции (Лунинецкий р-н, N 52°12.173', E 26°37.189'; N 52°11.435', E 26°36.953'), объект “Марьино” около н.п. Коммуна (Любанский р-н, N 52°36.345', E 28°02.817').

Центральная зона: н.п. Майзорово и Лучное (Червеньский р-н, N 53°38.29', E 28°28.385'), 2 точки на Дричинском массиве около н.п. Вендеж (Пуховичский р-н, N 53°33.495', E 28°03.646').

Северная зона: н.п. Ютишки (Браславский р-н, N 55°30.814', E 26°44.495'), н.п. Петровщина (Шарковщинский р-н, N 55°14.460', E27° 33.617'), н. п. Варлань (Докшицкий р-н: точка 1 – N 54°51.469', E 28°01.175', точка 2 – N 54°51.244', E 28°00.471', н.п. Слобода (р. Поня) (Докшицкий

Таблица 1. Зависимости содержания азота (мг/кг) различных фракций от величины содержания органического вещества (*OB*, %) в антропогенно-преобразованных торфяных почвах

Фракция азота	Южная зона	Центральная зона	Северная зона
Валовый (N_g)	$N_g = 312.85OB$ ($R^2 = 0.99$)	$N_g = 312.21OB$ ($R^2 = 0.99$)	$N_g = 276.91OB$ ($R^2 = 0.70$)
Негидролизующий (N_{uh})	$N_{uh} = 259.06OB$ ($R^2 = 0.98$)	$N_{uh} = 260.76OB$ ($R^2 = 0.98$)	$N_{uh} = 276.91OB$ ($R^2 = 0.70$)
Трудногидролизующий (N_{hl})	$N_{hl} = 1304.6Ln(OB) - 912$ ($R^2 = 0.84$)	$N_{hl} = 1496.6Ln(OB) - 2526.3$ ($R^2 = 0.89$)	$N_{hl} = 2907.46Ln(OB) - 6950.9$ ($R^2 = 0.59$)
Легкогидролизующий (N_l)	$N_l = 536.79Ln(OB) - 1009.3$ ($R^2 = 0.93$)	$N_l = 619.53Ln(OB) - 1016.4$ ($R^2 = 0.86$)	$N_l = 849.8Ln(OB) - 2181.2$ ($R^2 = 0.51$)
Минеральный (N_m)	$N_m = 1.0142OB$ ($R^2 = 0.6549$)	$N_m = 0.8658OB$ ($R^2 = 0.7223$)	$N_m = 0.637OB$ ($R^2 = 0.129$)
Нитратный ($N-NO_3$)	$N-NO_3 = 0.4979OB$ ($R^2 = 0.8175$)	$N-NO_3 = 2902OB$ ($R^2 = 0.83$)	$N-NO_3 = 277OB + 29.1$ ($R^2 = 0.045$)
Аммонийный ($N-NH_4$)	$N-NH_4 = 0.6088OB$ ($R^2 = 0.6656$)	$N-NH_4 = 0.5756OB$ ($R^2 = 0.4467$)	$N-NH_4 = 0.36OB + 2.39$ ($R^2 = 0.406$)

Примечание. Диапазон содержания *OB* в слое 0–20 см = 3.0–90%. То же в табл. 2.

р-н, N 54°52.421', E27° 59.591'), н.п. Веретей (под ЛЭП) (Докшицкий р-н, N 54°37.307', E 27°54.778').

На каждом объекте были выбраны реперные точки с мощными, средне- или маломощными торфяными почвами (содержание *OB* >50%), торфяно-минеральными и минеральными остаточно-торфяными (содержание *OB* 20–50%) или постторфяными (содержание *OB* <20%) почвами [7]. Все точки находились на полях, на которых реализовывали кормовые севообороты. Торф на объектах – низинный, по ботаническому составу – осоково-тростниковый или тростниково-осоковый (70–80% : 30–20%), с включениями остатков древесины лиственной (до 15%). Почвенные пробы отбирали ранней весной (апрель–начало мая в зависимости от зоны). Азот почвы (нитратный и аммонийный, минеральный, легкогидролизующий, трудногидролизующий и негидролизующий остаток) определяли по методу Семененко [8].

Оценку влияния температуры и влажности на динамику содержания минерального и легкогидролизующего азота в торфяных почвах различных стадий трансформации проводили в лабораторном эксперименте. Были отобраны 3 почвенные разновидности: минеральная пост-торфяная (*OB* ~5%), торфяно-минеральная (*OB* ~25%), агроторфяная (*OB* ~84%). Образцы воздушно-сухой почвы массой 250 г были просеяны через сито 2 мм и помещены в пластиковые сосуды. Влажность почвы поддерживали на протяжении всего периода инкубации на уровне 0, 30 и 60% весовой

(абсолютной) влажности. Динамику фракций минерального азота оценивали в течение 42 сут при 3-х температурных режимах: 5, 20 и 30°C. Необходимый температурный режим обеспечивали термостатированием почвенных образцов с использованием холодильной камеры (5 ± 0.5°C) и термостата (30 ± 0.5°C), и при комнатной температуре (20 ± 1.0°C).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Около 93–95% азота почвы недоступно растениям. Большая часть этого количества закреплена в гумусоподобных веществах, в растительных и животных остатках, микробной биомассе и продуктах ее метаболизма. Поэтому содержание азота (мг/кг) в торфяных почвах различных стадий трансформации, главным образом, определяется содержанием *OB* в органогенном слое. Обследование всех объектов показало, что фракционный состав почвенного азота в южной и центральной зонах зависел от содержания *OB* (табл. 1). В северной зоне установлена заметная связь содержания валового, негидролизующего, трудногидролизующего и легкогидролизующего азотов от содержания *OB*, в то время как количество минерального, аммонийного и нитратного азота не зависело от стадии трансформации торфяной почвы. Однако для оценки их плодородия необходимо оценивать в них запасы азота (т/га), особенно лабильных и доступных для растений фракций, с учетом всех происходящих с этими почвами изменений (осадка, уплотнения и т.п.).

Таблица 2. Зависимости запасов азота различных фракций (т/га) от *ОВ* (%) в антропогенно-преобразованных торфяных почвах

Фракция азота	Южная зона	Центральная зона	Северная зона
Негидролизующий (N_{uh})	$N_{uh} = 0.1133OB + 3.0443$ ($R^2 = 0.6902$)	$N_{uh} = 0.1043OB + 4.6962$ ($R^2 = 0.7282$)	$N_{uh} = 0.2235OB - 0.7281$ ($R^2 = 0.2595$)
Трудногидролизующий (N_{hl})	$N_{hl} = -0.001OB + 2.3287$ ($R^2 = 0.0016$)	$N_{hl} = -0.007OB + 3.0671$ ($R^2 = 0.1034$)	$N_{hl} = 0.0733OB + 0.5779$ ($R^2 = 0.1584$)
Легкогидролизующий (N_l)	$N_l = 0.0025OB + 0.5962$ ($R^2 = 0.1059$)	$N_l = 0.004OB + 1.3866$ ($R^2 = 0.2659$)	$N_l = 0.0205OB + 0.030$ ($R^2 = 0.2246$)
Минеральный (N_m)	$N_m = 0.00008OB + 0.038$ ($R^2 = 0.0206$)	$N_m = -0.0002OB + 0.0565$ ($R^2 = 0.1956$)	$N_m = -0.0012OB + 0.01$ ($R^2 = 0.0968$)
Нитратный ($N-NO_3$)	$N-NO_3 = 0.00008OB + 0.013$ ($R^2 = 0.0772$)	$N-NO_3 = 0.00002OB + 0.0126$ ($R^2 = 0.0109$)	$N-NO_3 = 0.0006OB + 0.0159$ ($R^2 = 0.0663$)
Аммонийный ($N-NH_4$)	$N-NH_4 = 0.000004OB + 0.025$ ($R^2 = 0.00007$)	$N-NH_4 = -0.0002OB + 0.0439$ ($R^2 = 0.2144$)	$N-NH_4 = 0.0005OB + 0.0161$ ($R^2 = 0.0496$)

Эти показатели, особенно запасы минерального азота, важны при расчете доз азотных удобрений.

В ходе исследования установлено, что только запасы валового и негидролизующего азота определяются величиной содержания *ОВ*. Запасы трудногидролизующего и лабильных фракций N (легкогидролизующего, минерального (нитратного и аммонийного)) не зависели от содержания *ОВ* и от стадии трансформации торфяной почвы (табл. 2).

Установлено, что гидролого-климатические условия (биоклиматический потенциал) влияют на фонд почвенного азота. Запасы легкогидролизующего азота в почве в южной зоне находятся на уровне 0.71 ± 0.15 т/га, центральной и северной – 1.16 ± 0.35 и 1.26 ± 0.35 т/га соответственно. Запасы минерального азота также увеличивались с юга на север и в среднем составляли 0.04 ± 0.15 , 0.05 ± 0.20 и 0.08 ± 0.20 т/га соответственно. Количество аммонийного и нитратного азота могло варьировать в течение вегетационного периода и определяться его погодными условиями и возделываемыми культурами.

Анализ качественного состава пула почвенного азота показал, что он различен в зависимости от места расположения и содержания *ОВ*. Доля негидролизующего N (P_{Nuh}) находилась в пределах от 60 до 90% от содержания общего азота: в центральной зоне она варьировала в пределах 70–85%, в северной – 65–75%. Наибольший разброс величин N_{uh} отмечен в южной зоне. В южной (уравнение (1)) и центральной (уравнение (2)) зонах доля N_{uh} возрастала с ростом содержания *ОВ* в почве:

$$P_{Nuh} = 0.2985OB + 61.989 \quad (R^2 = 0.569), \quad (1)$$

$$P_{Nuh} = 0.2505OB + 63.767 \quad (R^2 = 0.932). \quad (2)$$

В северной зоне P_{Nuh} оставалась постоянной независимо от стадии трансформации торфяной почвы.

Доля трудногидролизующего N (P_{Nhl}) в южной (уравнение (3)) и центральной (уравнение (4)) зонах снижалась при увеличении содержания *ОВ* в почве с 30 до 10%:

$$P_{Nhl} = -0.2985OB + 38.011 \quad (R^2 = 0.569), \quad (3)$$

$$P_{Nhl} = -0.2505OB + 36.233 \quad (R^2 = 0.9324), \quad (4)$$

в то время как в северной зоне оставалась в пределах 25–35% не зависимо от содержания.

Доля легкогидролизующего азота (P_{Nl}) в южной зоне (уравнение (5)) варьировала в пределах 5–10% от содержания общего азота и снижалась при увеличении количества *ОВ* в почве:

$$P_{Nl} = -0.045OB + 9.2128 \quad (R^2 = 0.641), \quad (5)$$

в центральной зоне (уравнение (6)) этот показатель составил 5–20% и его величина также определялась содержанием *ОВ*:

$$P_{Nl} = -0.1356OB + 17.482 \quad (R^2 = 0.7894). \quad (6)$$

В северной зоне доля легкогидролизующего азота составляла 5–10% от содержания общего азота и не зависела от стадии трансформации торфяных почв.

Доля минерального азота (P_{Nm}), в т.ч. нитратного и аммонийного, находилась в пределах 0.2–0.6%. Зависимости между пулом N_m , в т.ч. $N-NO_3$



Рис. 1. Запасы легкогидролизующего и минерального азота в торфяных почвах различных стадий трансформации после 40 лет их сельскохозяйственного использования.

и $N-NH_4$, и содержанием OB в торфяных почвах различных стадий трансформации были слабые и умеренные: R^2 варьировал от 0.2 до 0.5. Высокая связь между содержаниями минерального азота и OB отмечена только в центральной зоне. Установлено накопление в минерализованных торфяных почвах легкодоступных для растений форм азота.

Запасы легкогидролизующего и минерального N в почвах увеличивались с юга на север, что свидетельствовало о более интенсивном использовании его растениями в более благоприятных для ведения растениеводства агроклиматических зонах при формировании урожая (в том числе за счет биоклиматического потенциала зоны).

Таким образом, запасы доступного растениям почвенного азота в слое 0–20 см варьировали в зависимости от стадий трансформации торфяных почв, но оставались достаточными, что свидетельствовало о высокой степени потенциального плодородия почв. В агроторфяных почвах все еще имеется значительный потенциал для минерализации OB и высвобождения лабильных фракций азота (рис. 1). Однако в используемых в сельхозпроизводстве торфяных почвах минерализации подвержено не только органическое вещество торфа, а и корневых и пожнивных остатков возделываемых культур. И вклад каждого компонента в общую минерализацию установить сложно. Возможно, свежее OB растительных остатков подвергается этому процессу в большей степени, чем почвы.

В лабораторном эксперименте по оценке влияния только абиотических факторов на динамику содержания лабильных фракций почвенного азота (легкогидролизующего, нитратного и аммонийного) установлено, что количество лабильных

фракций азота в одинаковых условиях (температуры и влажности) определялось стадией трансформации торфяных почв. Например, в агроторфяных почвах ($OB > 50\%$) даже при нулевой влажности количество легкогидролизующего азота (с максимумом через 14 сут инкубации) в 2.0–2.5 раза было больше по сравнению с торфяно-минеральной ($OB = 20–50\%$) и более чем в 20 раз по сравнению с постторфяной почвой ($OB < 5\%$) (max – через 28 сут) (рис. 2). В торфяно-минеральной почве ярко выраженных максимумов не было отмечено, а количество легкогидролизующего азота в течение периода проведения эксперимента находилось в пределах 605–1200 мг/кг. Наиболее стабильными к влиянию абиотических факторов были торфяно-минеральные и агроторфяные почвы.

Увеличение влажности и температуры не приводило к значительным изменениям количества N_1 в почве, через 28 сут инкубации отмечена тенденция к замедлению процессов, приводящих к его образованию. Структура пула минерального азота (нитратного и аммонийного) также определялась стадией трансформации торфяных почв: чем больше содержание в них OB , тем интенсивнее накапливалась в почве фракция $N-NO_3$ (рис. 3).

Во всех почвенных разновидностях, кроме минеральных постторфяных почв (при содержании $OB < 5\%$), содержание нитратного азота было больше по сравнению с аммонийным. В постторфяных почвах количества аммонийного и нитратного азота были сопоставимы. В агроторфяных почвах после первых 7 сут инкубации содержание $N-NO_3$ было в 38 раз больше по сравнению с минеральными пост-торфяными и в 3.6–4.4 раза – с торфяно-минеральными почвами.

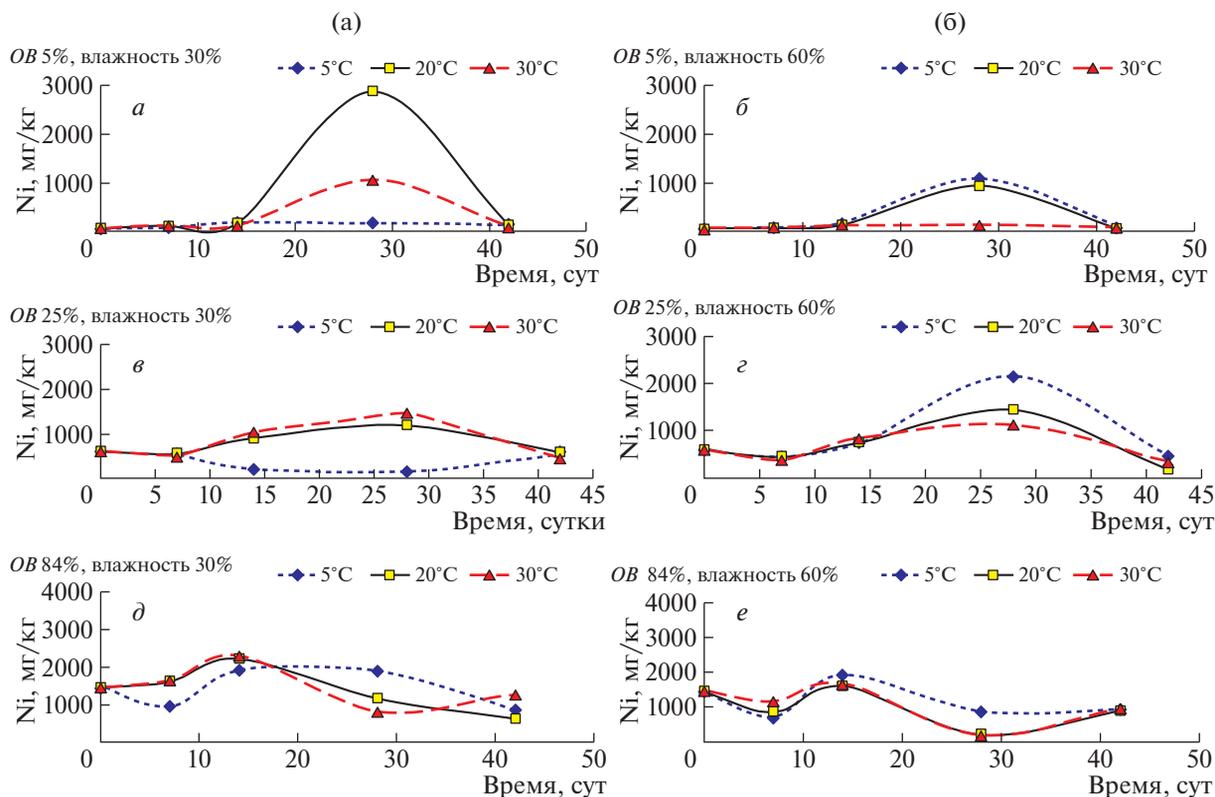


Рис. 2. Динамика содержания легкогидролизуемого азота в минеральных пост-торфяных (а, б), торфяно-минеральных (в, г) и агроторфяных (д, е) почвах при различных температурах и влажности.

В агроторфяных и торфяно-минеральных почвах отмечено снижение содержания нитратного азота после 14 сут инкубации с 231 до 81.5 мг/кг и с 88 до 34 мг/кг соответственно.

При увеличении влажности почвы до 30% не отмечено значительных изменений в динамике и количественном содержании N-NO₃. При абсолютной влажности 60% в торфяно-минеральных и минеральных пост-торфяных (соответствующие подтоплению и затоплению соответственно) отмечено снижение количества нитратного азота. В агроторфяной почве при температурах 5 и 20°C содержание N-NO₃ оставалось без изменений, при 30°C возрастало в 1.7 раза, через 7 сут снижалось до исходных величин (~226 мг/кг). При абсолютной влажности 30 и 60% в агроторфяных почвах при 30°C отмечена тенденция к повышению содержания N-NH₄ в 4.4–4.6 раза (с 20 до 78 и 125 мг/кг при 30%- и 60%-ной влажности соответственно) с увеличением времени экспозиции, в то время как при нулевой влажности оно оставалось стабильным на уровне 24.4 мг/кг. При температурах 5 и 20°C наблюдали снижение содержания аммонийного азота через 7–14 сут инкубации.

ВЫВОДЫ

1. При разработке систем применения азотных удобрений, особенно зерновых, необходимо учитывать накопление минерального азота за осенне-весенний период. В связи с тем, что его запасы даже в сильно минерализованных торфяных почвах могут составлять 50 кг/га и более (в затяжные холодные весны), то целесообразно дробное внесение азотных минеральных удобрений. Особенно этот прием актуален для торфяно-минеральных и агроторфяных почв, на которых предпосевное применение азотных удобрений может быть исключено, а всю планируемую дозу вносят во время некорневых подкормок.

2. Оценка динамики содержания пула лабильных фракций азота показала, что интенсивность процессов, приводящих к их накоплению, либо остается стабильной в течение 42 сут, либо имеет максимум через 7–14 сут с дальнейшим снижением до уровня меньше исходного.

3. В течение вегетационного периода количество осадков, температурный режим воздуха и перепады ночных и дневных температур менялись в широком диапазоне. Таким образом, вероятность совпадения благоприятных почвенных и погод-

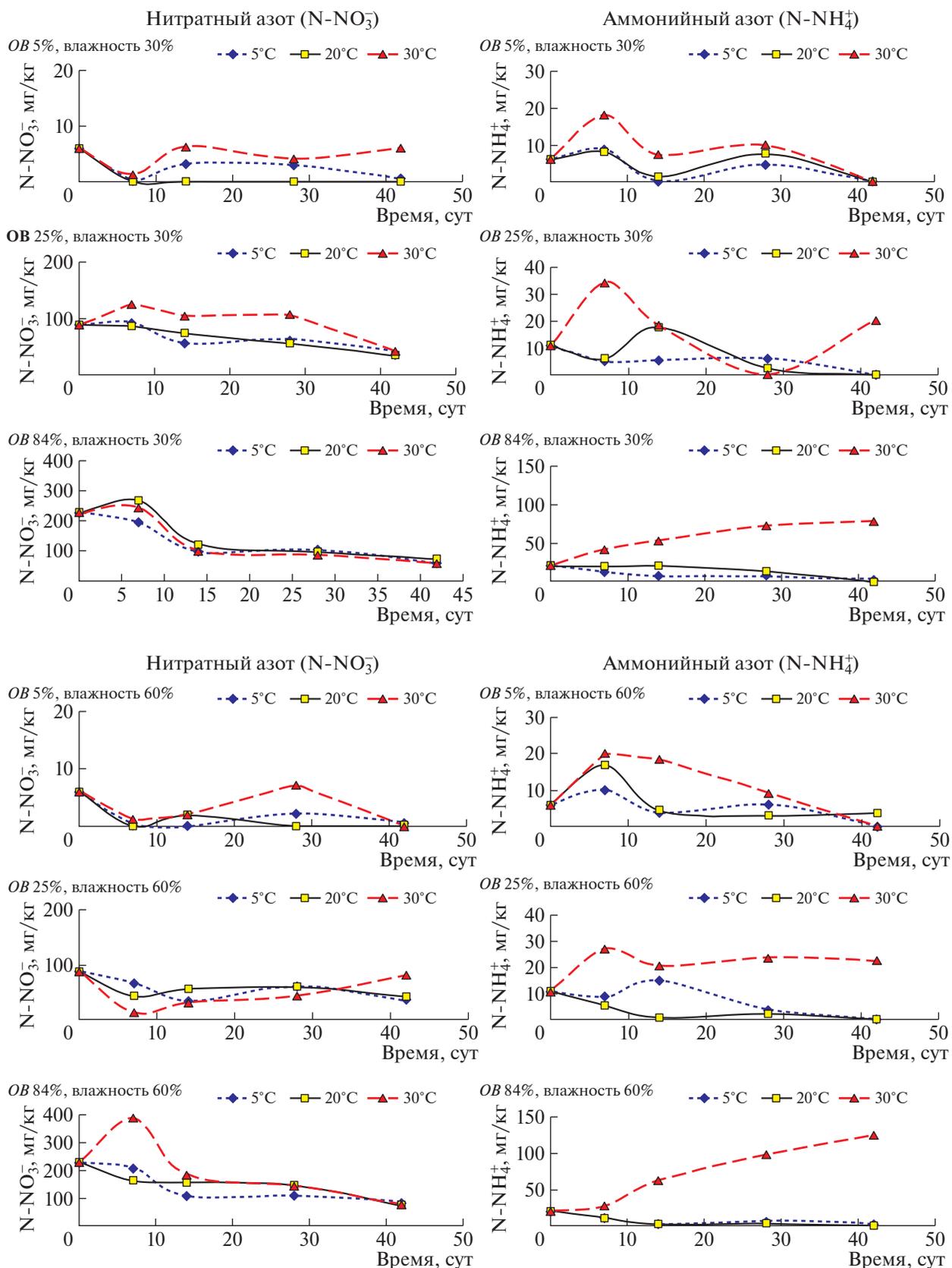


Рис. 3. Динамика содержания нитратного и аммонийного азота в минеральных пост-торфяных ($OB \sim 5\%$), торфяно-минеральных ($OB \sim 25\%$) и агроторфяных ($OB \sim 84\%$) почвах при различных температурах и влажности 30 и 60%.

ных условий для достижения длительной максимальной интенсивности минерализации органического вещества почв (*ОВ*) в природных условиях Беларуси достаточно низкая. Поэтому нельзя утверждать, что происходит значительная минерализация *ОВ*, приводящая к полной деградации и потере плодородия торфяных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Цытрон Г.С., Шульгина С.В., Азаренок Т.Н.* Пространственно-временная трансформация осушенных органогенных почв сельскохозяйственных земель Беларуси // *Весті НАН Беларусі. Сер. Аграрных навук.* 2016. № 2. С. 10–16.
2. *Семененко Н.Н.* Влияние осушения и сельскохозяйственного использования на трансформацию химического состава торфяных почв // *Мелиорация.* 2009. № 2 (62). С. 147–152.
3. *Семененко Н.Н., Каранкевич Е.В.* Модели прогноза трансформации фракционного состава азота торфяных почв Полесья под влиянием антропогенных факторов // *Мелиорация.* 2011. № 65. С. 122–130.
4. *Царенко В.П.* Азот в торфяных почвах и его трансформация: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб.–Пушкин, 1992. 40 с.
5. *Царенко В.П.* Азотный режим осушенных торфяных почв // *Гумус и почвообразование.* 2009. С. 46–58.
6. *Горский А.С.* Влияние бессменного возделывания многолетних трав на питательный режим торфяной почвы // *Мат-лы деловой программы XXVII Международ. агропром. выставки “Агрорусь – 2018”:* “Качественный рост российского агропромышленного комплекса: возможности, проблемы и перспективы”. СПб.: СПбГАУ, 2018. С. 92–94.
7. *Смеян Н.И., Цитрон Г.С.* Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси. Минск: Ин-т почвовед. и агрохим., 2007. 220 с.
8. *Семененко Н.Н.* Агрохимические методы исследования состава соединений азота, фосфора и калия в торфяных почвах. Мн.: Белорус. наука, 2013. 78 с.

Nitrogen Regime of Peat Soils of Belarus

L. N. Luchanok

*Institute for Land Reclamation
ul. Nekrasova 39-2, Minsk 220040, Belarus
E-mail: l_luchenok@mail.ru*

It was present data on the fractional composition of the nitrogen pool in peat soils of different stages of transformation, located on the territory of Belarus. In peat soils with an organic matter (*OM*) content of less than 50% of the southern and central zones, a higher proportion of labile N fractions of total nitrogen compared to agro-peat ones was noted, and their reserves increase from south.

Key words: peat soils, transformation stages, Belarus, soil nitrogen, mineral nitrogen, easily hydrolyzed nitrogen.