

АММОНИЗАЦИЯ ТОРФА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Е.Ю. ЧЕРТКОВА, канд. техн. наук

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: lastochka-w@mail.ru

© Черткова Е.Ю., 2023

Приведены результаты исследований, связанных с внесением аммиака в торф для получения торфоаммиачного удобрения. Предложен способ внесения раствора аммиачной воды в полевых условиях перед операцией валкования. Для этих целей добавлены конструктивные изменения в валкователь, который применяется на торфяном месторождении в технологии добычи фрезерного торфа.

Ключевые слова: торф, водный аммиак, азот, гуминовые кислоты, емкость поглощения, кислотность, удобрение, модернизация, способ внесения.

DOI: 10.46573/2658-5030-2023-3-62-70

ВВЕДЕНИЕ

На территории России площадь пахотных земель составляет около 120 млн га. Содержание гумуса в них за прошедшие 20 лет, по оценкам независимых экспертов, снизилось до 20 % [1, 2]. Основными источниками насыщения питательными элементами в почве являются удобрения. В последние десятилетия они не вносились на территории около 41 млн га [1]. Для удовлетворения 25 % потребностей в органических удобрениях необходимо обеспечить добычу торфяного сырья не менее 300 млн т в год (из расчета минимальной дозы внесения 10 т/га) [3].

Органические удобрения являются важным средством улучшения физических свойств и водно-воздушного режима бедных гумусом и питательными веществами почв, а также дополнительным источником питательных веществ для растений и стимулятором биологических процессов [4].

Предприятия по добыче торфа в России производят несколько видов торфяных удобрений. Для этого практикуют дополнительную обработку торфяной крошки. Торфяные удобрения отличаются друг от друга технологическими схемами производства и составом вносимых компонентов. Технологии производства торфяных удобрений разделяются на заводские и полевые.

По данным источников [4–6], можно выделить три основных способа аммонизации торфа в полевых условиях. Первый – добавление аммиака в процессе добычи фрезерного торфа. Второй способ – внесение аммиака непосредственно в штабеля фрезерной крошки. Третий способ – внесение аммиака специальным устройством в цикловые навалы в течение всего сезона добычи фрезерного торфа. Производство можно организовать с применением машин или сельскохозяйственной техники [7, 8].

При фрезерном способе разработки добыча торфяной крошки включает комплекс операций, таких как фрезерование, ворошение, валкование, уборка и штабелирование. При фрезеровании измельчается (фрезеруется) верхний слой торфяной залежи глубиной до 50 мм. С точки зрения фракционного состава для торфяных удобрений наиболее приемлемым является торфяная крошка. Л.Р. Пивоваров и А.В. Тишкевич установили, что в процессе аммонизации

наибольшей поглотительной способностью обладают частицы торфа размером до 5 мм [4, 5, 9].

Сушка сфрезерованного слоя торфа осуществляется на поверхности разрабатываемой площади торфяных полей. Чтобы интенсифицировать процесс сушки торфа, применяют специальные машины – ворошилки. Подсушенную торфяную крошку собирают валкователем в валки и затем уборочными комплексами отгружают в штабеля. Для достижения наилучшего эффекта от торфяных удобрений используемый торф должен быть подсушен до влажности 55...60 %. При этой влажности в нем наиболее активно протекают полезные микробиологические процессы [5, 10]. На площадях после уборки фрезерной крошки производится фрезерование следующего слоя торфяной залежи, торф сушат и убирают в штабеля. Операции цикличны. Длительность цикла при производстве торфа для сельского хозяйства составляет около двух суток в зависимости от погодных условий [10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Торф в естественных условиях характеризуется слабой биологической активностью. Многие виды торфа содержат значительное количество азота, который находится в труднодоступных для растений гуминовых веществах, битумах, лигнине и других соединениях [5, 11].

Многочисленные исследования активизации азота торфа и получения на его основе высокоэффективного удобрения проводились в разные годы XX века такими учеными, как С.С. Драгунов, Л.А. Христева, А.В. Тишкович, Д.Н. Прянишников и др. [4, 5].

К основным методам активизации азота торфа относятся [4–7]:

- а) внесение в торф аммиачной воды или безводного аммиака;
- б) компостирование торфяной крошки с органическими и минеральными компонентами;
- в) разогревание.

Аммонизация торфа – это процесс насыщения торфяной крошки водным или безводным аммиаком.

В настоящей статье рассмотрим процесс внесения водного аммиака во фрезерный торф для получения торфоаммиачного удобрения. Для аммонизации исходный торф должен соответствовать следующим требованиям [9]: степень разложения – не менее 15 %, зольность – не более 25 %, кислотность (рН) – в пределах 3,5...6,0.

Органическое вещество торфа состоит из углерода, водорода, кислорода, серы и азота. Для торфа в целом содержание указанных элементов находится в пределах 48...65 % С; 4,7...7,3 % Н; 0,02...1,2 % S; 0,5...4 % N; 24,7...45,2 % О [11]. Сложный состав органического вещества определяет и сложность форм связи торфа с аммиаком. При контакте фрезерной крошки с аммиачной водой происходят определенные процессы. С одной стороны, имеют место чисто физические процессы растворения и диффузия аммиака в воде влажного торфа, а также его адсорбция на высокоразвитой поверхности торфа; с другой стороны, раствор аммиака в воде диспергирует коллоидальное вещество торфа и в результате гидролиза расщепляет сложные молекулы органического вещества торфа, образуя одновременно аммиачные соли [5, 12].

При производстве торфяных удобрений аммиачная вода вводится в нормах согласно техническим условиям, т.е. емкость поглощения 1 т торфа с массовой долей

влаги 55 % для водного аммиака – не менее 20 кг, жидкого аммиака – не менее 5 кг [9]. Емкостью поглощения торфом аммиака называют количество аммиака, которое фрезерный торф может поглотить и удержать без потерь в обменно-поглощенной форме [12].

Определение массовой доли общего азота в аммонизированном торфе дает полное представление о емкости поглощения аммиака, так как в этом случае учитываются аммиачный азот в обменно-поглощенном состоянии и та часть аммония, которая может быть более прочно удержана органическим веществом и находится в необменной форме.

В водном растворе аммиачный азот находится в двух формах: в виде свободного аммиака NH_3 и катиона аммония NH_4^+ , причем свободного аммиака содержится значительно больше, чем катиона аммония [12]. Наличие в водном растворе большого количества свободного аммиака может приводить к потерям аммиачного азота, величина которых будет определяться не только правильно установленной дозой, но и способом введения в торф аммиачной воды. Торф для сельскохозяйственного использования аммонизируется при операции добычи или в период его хранения на полях [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является торфяное месторождение, расположенное во Владимирской области. Залежь относится к верховому типу, сложена преимущественно пушицево-сфагновым торфом со степенью разложения – 24 %; зольностью – 3 %.

Были проведены исследования по изучению взаимодействия аммиака аммиачной воды с торфом, отобранным с этого месторождения, в зависимости от влажности сырья, кислотности.

Для исследования влияния влажности торфа на поглощение аммиачной воды брали образцы торфа из залежи и подсушивали их в лаборатории до влажности 40, 50, 60, 70 %. Во всех навесках торфа принималось одинаковое количество сухого вещества. Каждая навеска обрабатывалась аммиачной водой до полного насыщения [12], а затем подвергалась анализу на содержание в торфе аммиачного азота в миллиграммах на 100 г абсолютно сухого вещества с последующим пересчетом в процентные доли. Результаты исследования представлены ниже:

Влажность исходного торфа, %	40	50	60	70
Емкость поглощения торфом аммиака в пересчете на абсолютно сухое вещество, %	1,96	2,02	1,93	1,97

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что количество поглощенного торфом аммиачного азота в пересчете на абсолютно сухое вещество во всех пробах получилось практически одинаковое (показатель отличается на 2...5 %) для одного вида торфа при разных показателях влажности. Результаты наших исследований подтверждаются исследованиями, проведенными в 50–70-х годах XX века [4, 5].

Аммиак удерживается торфом в результате физико-химических процессов. Следует также учитывать, что при подсушивании аммонизированного образца до влажности 12...15 % к потерям относится и та часть аммиачного азота, которая находится в состоянии физической сорбции, т.е. сосредоточена и удерживается в пленке водного раствора, окружающего частицы торфа. В этом можно убедиться при определении количества поглощенного торфом азота после высушивания образца до

постоянной массы. В процессе высушивания аммонизированного торфа при 105 °С в сушильном шкафу вместе с гигроскопической влагой теряется 8...30 % аммиачного азота (от найденного в воздушно-сухом торфе). Результаты представлены на графике емкости поглощения аммиачного азота верховым торфом (в воздушно-сухом состоянии) (рис. 1).

При изучении форм азота в аммонизированном торфе выявлено, что в результате взаимодействия водного раствора аммиака с торфом протекает ряд весьма сложных процессов: одновременно с обменным характером поглощения имеют место другие химические реакции между ионом аммония и органическим веществом торфа [5, 7, 13].

При насыщении верхового торфа (степень разложения 24 %) водным раствором аммиака было отмечено, что с увеличением концентрации от 1,2 до 10,3 % (рис. 1) повышается и содержание поглощенного аммиачного азота в воздушно-сухом торфе.

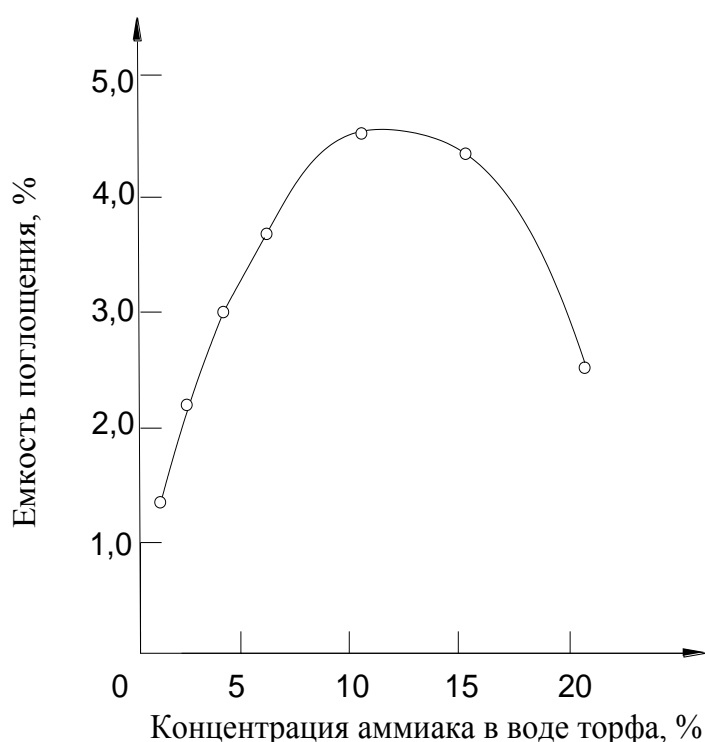


Рис. 1. Емкость поглощения аммиачного азота верховым торфом (в воздушно-сухом состоянии)

Тем не менее при дальнейшем повышении концентрации аммиака в растворе (14,5...20 %) наблюдается заметное уменьшение количества поглощенного торфом аммиачного азота. Эта закономерность была отмечена в предыдущих опытах с образцами торфа других видов [4]: с повышением концентрации аммиака в растворе увеличивается количество поглощенного азота до 10...15 %; при дальнейшем повышении концентрации аммиака содержание поглощенного торфом аммония значительно сокращается.

Оценка поглотительной способности торфа по отношению к аммиаку имеет большое практическое значение, поскольку служит основным критерием для установления дозы аммиачной воды при производстве концентрированных удобрений. Этот способ приводит к изменению биохимических и агрохимических свойств фрезерного торфа. Происходит увеличение содержания подвижных органических

веществ в 10...15 раз за счет водорастворимых гуматов аммония [4, 5, 11], вследствие чего улучшаются свойства торфа.

Емкость поглощения торфом водного аммиака в зависимости от показателя кислотности (pH_0) показала, что по мере увеличения кислотности наблюдается тенденция к увеличению поглощения аммиачного азота в связи с изменением ионообменной активности групп (по данным С.С. Драгунова и др.) [4]. Для определения уравнения регрессии, характеризующего форму связи между кислотностью и емкостью поглощения, применяли метод наименьших квадратов [14].

Получено эмпирическое уравнение регрессии:

$$y = 5,86 \cdot x^{-0,804},$$

где y – емкость поглощения торфом аммиака аммиачной воды, %; x – кислотность торфа (pH) в условных единицах.

Эмпирические линии регрессии и вид функциональной зависимости между исследованными показателями представлены на рис. 2.

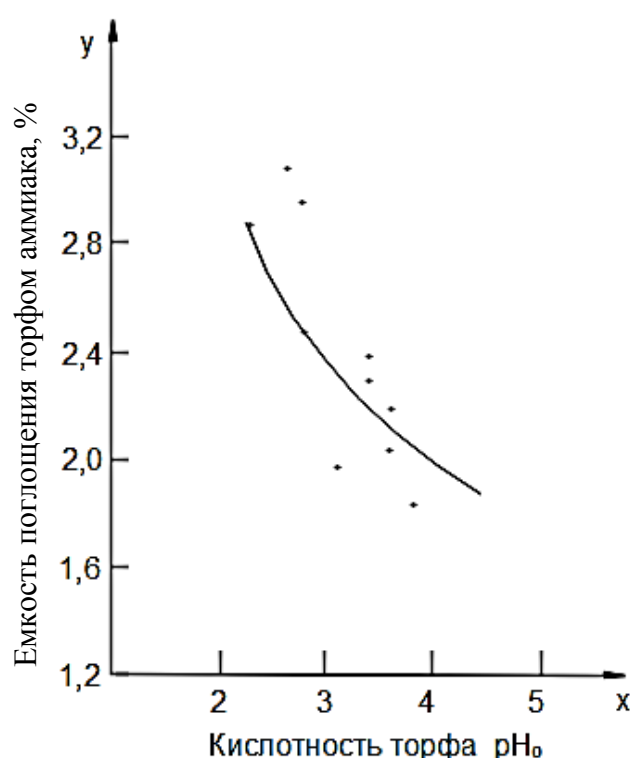


Рис. 2. Зависимость емкости поглощения водного аммиака торфом от кислотности торфа

Для определения тесноты связи между кислотностью торфа pH_0 и емкостью поглощения им аммиака аммиачной воды был подсчитан коэффициент нелинейной регрессии и установлено корреляционное отношение [16]. Коэффициент регрессии для связи pH_0 $\eta_{y/x} = 0,926$, а корреляционное отношение $\eta_{y/x} = 0,752$, что указывает на достаточную связь между исследуемыми показателями. Чем выше показатель кислотности используемого торфа при постоянной кислотности среды, тем больше количество ионов аммония им поглощается.

Производство аммиачного удобрения будет определяться не только правильно установленной дозой, но и способом введения в торф аммиачной воды.

После анализа источников [4, 5] (в которых рассмотрены способы внесения водного раствора аммиака), оборудования для приготовления аммиачного удобрения на основе торфа в полевых условиях, информации по смежному направлению в сельском хозяйстве [8], а также зависимости емкости поглощения от влажности и кислотности был предложен способ внесения раствора аммиачной воды в полевых условиях перед операцией валкования. В технологическом процессе проходят три этапа усреднения торфа и аммиака: первый – усреднение в процессе валкования, второй – в процессе уборки, третий – во время штабелирования. Использование предлагаемого технического решения позволит повысить качество аммонизации торфа за счет более равномерного внесения аммиака. Кроме того, применение предлагаемой машины даст возможность избежать потерь водного раствора аммиака.

Весь технологический процесс добычи торфа на месторождении остается неизменным, кроме операции валкования, что играет большую роль, так как предприятию не понадобится дополнительно вкладывать средства в изменение всего технологического процесса.

Для реализации технологии получения торфоаммиачного удобрения предлагаем модернизировать применяемый на данном предприятии валкователь типа ТВА-09. Такую модернизацию возможно осуществить в условиях механических мастерских на торфяных производствах.

Валкователь (рис. 3) оснащается цистерной (контейнером), чтобы обработка шла в расстил перед операцией валкования.

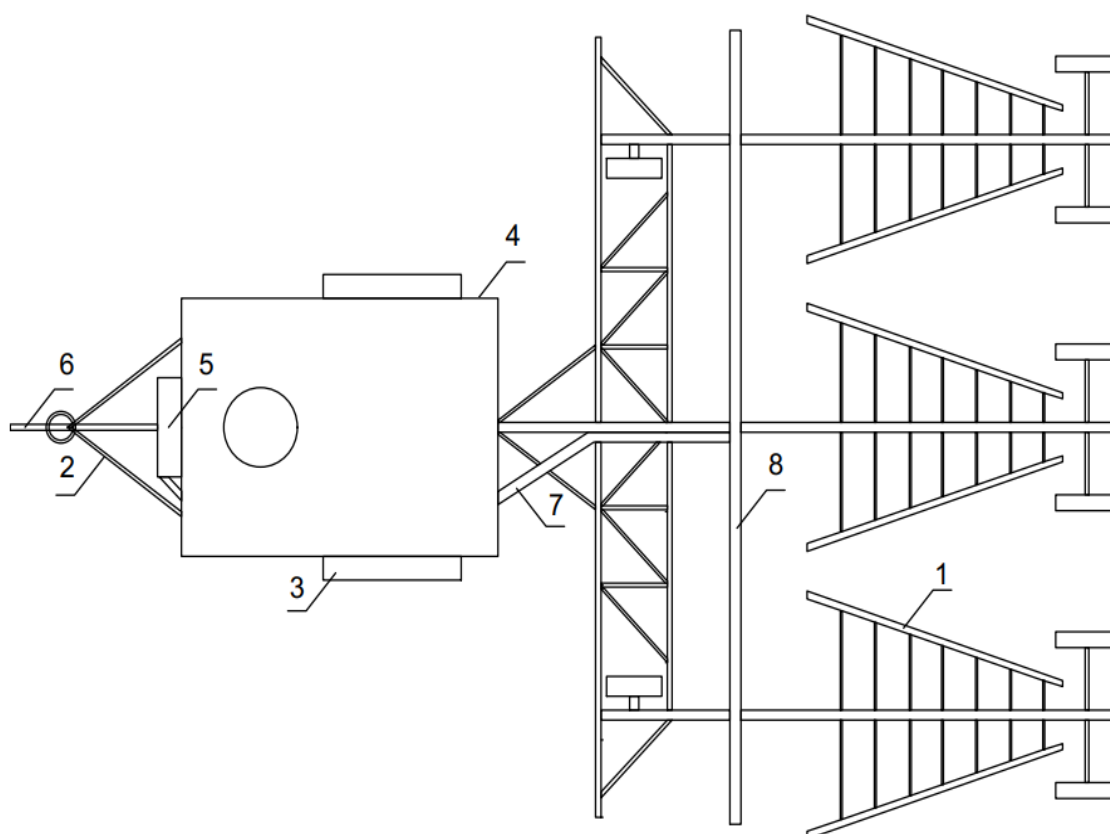


Рис. 3. Валкователь с оборудованием для внесения удобрения: 1 – секция валкователя; 2 – рама; 3 – ходовая часть; 4 – цистерна; 5 – насос-дозатор; 6 – вал отбора мощности; 7 – шланг подачи водного аммиака; 8 – рабочий орган

Особенностью данного решения является то, что внесение аммиака производится непосредственно в расстил торфа перед операцией валкования, благодаря чему происходит первое перемешивание (усреднение) торфа с раствором аммиака. К тому же внесение аммиака не по всей ширине захвата секции валкователя, а только по краям исключает середину, где будет основание валка (рис. 4), за счет чего снижаются потери аммиака.

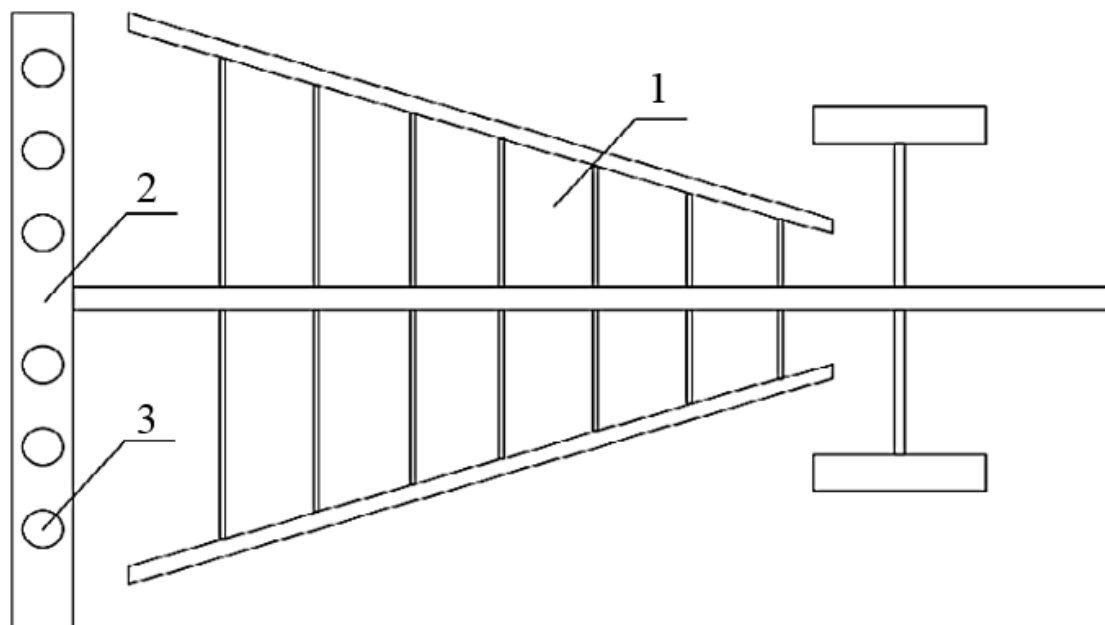


Рис. 4. Рабочий орган: 1 – секция валкователя; 2 – рабочий орган; 3 – выпускные отверстия (фарсунки)

Интервал в 1–2 часа между операциями валкования и уборки в штабеля способствует лучшему взаимодействию аммиака с торфом, так как оно происходит на протяжении определенного времени [4]. При этом значительно сокращаются потери аммиака, а сам он равномерно распределяется по сечению штабеля. Аммонизированный торф выдерживают в штабеле 1,5...2 месяца [5], а затем отгружают потребителю как готовое торфоаммиачное удобрение. Чтобы сократить потери, связанные с намоканием (которое зависит от длительности хранения и общего количества выпавших за это время осадков), штабель следует изолировать полиэтиленовой пленкой [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведем итоги исследования:

1. Роль аммиачной воды при внесении ее в торф сводится к обогащению торфа подвижными формами азота, нейтрализации кислотности, повышению содержания водорастворимых гуминовых веществ, активизации азота торфа [4].

2. Норма аммиачной воды не должна превышать величину максимальной емкости поглощения, поскольку введение избыточного количества аммиака приведет к неизбежным потерям азота в результате улетучивания непоглощенной части аммиака.

3. Аммиачный азот полностью удерживается влажным торфом, но при последующем подсушивании аммонизированных образцов до воздушно-сухого состояния (влажностью 13...15 %) потери аммиачного азота составляют 14...19 %.

Обработка торфа возрастающими концентрациями аммиака показала, что с увеличением концентрации содержание поглощенного аммония увеличивается только до конкретного предела. Дальнейшее увеличение концентрации (более 15 %) приводит к уменьшению количества аммиачного азота, удерживаемого торфом.

4. Была предложена новая схема внесения аммиачной воды в торф, предполагающая ее равномерное распределение за счет неоднократного перемешивания массы до момента вывозки с полей торфоаммиачного удобрения.

5. Для реализации технологии получения торфоаммиачного удобрения была предложена модернизация валкователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова Г.С. Экономическое регулирование использования минеральных удобрений // *Экономист*. 2010. № 1. С. 76–84.

2. Singh K. Allocation and Sustainable Management of Peat Resources on Public Land // *AEP Public Land Management*. 2016. № 9. P. 1–14.

3. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-техн. журнал)*. 2017. № 5. С. 105–117.

4. Торф на удобрение / А.В. Тишкович [и др.]; под ред. С.Г. Скоропанова. Минск: Наука и техника, 1983. 103 с.

5. Крупнов Р.А., Базин Е.Т., Попов М.В. Использование торфа и торфяных месторождений в народном хозяйстве: учеб. пособие / под ред. Е.Т. Базина. М.: Недра. 1992. 232.

6. Миронов В.А., Горячев В.И., Зюзин Б.Ф. Торф и повышение плодородия почв // *Труды Инсторфа*. 2014. № 10 (63). С. 34–39.

7. Гамаюнов С.Н., Мисников О.С., Диченский А.В. Обоснование использования ресурсов торфяных месторождений Тверского региона для производства органических удобрений // *Болота и биосфера: Материалы Всероссийской с международным участием X школы молодых ученых*. Тверь: Научное издание технологий. 2018. С. 22–30.

8. Использование торфоминеральных мелиорантов в рекультивационных работах и для улучшения плодородия почв / О.С. Мисников [и др.] // *Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Материалы 16-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики*. Тула: ТулГУ. 2020. С. 167–175.

9. ГОСТ Р 51661.5-2000. Удобрения торфяные для сельского хозяйства. Технические условия. М.: Издательство стандартов. 2001. 11 с.

10. Столбикова Г.Е., Мисников О.С., Иванов В.А. Процессы открытых горных работ. Фрезерный торф: учеб. пособие. Тверь: ТвГТУ. 2017. 160 с.

11. Мисников О.С., Пухова О.В., Черткова Е.Ю. Физико-химические основы торфяного производства: учеб. пособие. Тверь: ТвГТУ. 2015. 168 с.

12. ГОСТ 27894.2-88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения емкости поглощения торфом аммиака. М.: Издательство стандартов. 1989. 5 с.

13. Гуминовые вещества торфа: физико-химические свойства и перспективы применения / И.И. Лиштван [и др.] // *Природопользование: сборник научных трудов*. Минск: Институт природопользования НАН Беларуси. 2012. Вып. 22. С. 92–95.

14. Богатов Б.А., Копенкин В.Д. Математические методы в торфяном производстве. М.: Недра. 1991. 240 с

15. Stolbikova G.E., Chertkova E.Yu. Peat Storage Losses Investigation // *E3S Web of Conferences. The Second Interregional Conference «Sustainable Development of Eurasian Mining Regions»*. 2021. V. 278. P. 01001.

Для цитирования: Чертова Е.Ю. Аммонизация торфа в полевых условиях // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. № 3 (19). С. 62–70.

FIELD AMMONISATION OF PEAT

E.Yu. CHERTKOVA, Cand. Sc.

Tver State Technical University

22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, Russian Federation, e-mail: lastochka-w@mail.ru

The results of research related to the application of ammonia to peat to produce a peat-ammonia fertilizer are presented. The method of introducing ammonia water solution in the field before the swathing operation is proposed. For this purpose, constructive changes are made to the rake, which is used at the peat field in the technology of milled peat extraction.

Keywords: peat, aqueous ammonia, nitrogen, absorption capacity acidity, fertilizer, modernization, application method.

Поступила в редакцию/received: 24.04.2023; после рецензирования/ revised: 15.05.2023;
принята/accepted: 19.05.2023