

631.8 40.4  
П42  
890442.

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОРФА КАК УДОБРЕНИЯ





АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛОРУССКОЙ ССР  
Институт торфа

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОРФА КАК УДОБРЕНИЯ

Под редакцией  
доктора технических наук Н. С. ПАНКРАТОВА  
и кандидата технических наук С. С. МАЛЬ

М и н с к  
«Наука и техника»  
1978

631.8

БПБ

П42

УДК 622.331:631.87

ПАНКРАТОВ Н. С., МАЛЬ С. С., ГАВРИЛЬЧИК  
А. П., СЛИВКА З. М., ПОВАРКОВА С. С., МАКСИМЕ-  
НОК Г. И., МЕЕРОВСКИЙ А. С., КАЗАКОВ А. А.

**Повышение качества торфа как удобрения.** Мн., «Наука  
и техника», 1978, 152 с.

В монографии приведены данные о трансформации азот-содержащих соединений и образовании аммиака в процессе саморазогревания различных видов торфа в период хранения. Рассмотрено влияние условий добычи и хранения торфа: влажности, аэрации, температуры саморазогревания и продолжительности хранения, а также ботанического и химического состава на образование подвижных форм азота. Приведены материалы об эффективности использования подвергнутого саморазогреванию торфа как удобрения.

Даны рекомендации относительно влажности и характеристики торфа, поставляемого сельскому хозяйству. Обоснованы технологические приемы направленного улучшения качества торфа при заготовке и хранении его как удобрения, в том числе по использованию безводного аммиака для обогащения торфа в складочных единицах подвижными формами азота.

Расчитана на научных и инженерно-технических работников торфяной промышленности и сельского хозяйства, занимающихся вопросами добычи, хранения и использования торфа на удобрение.

Таблиц 48. Иллюстраций 34. Библиография: с. 147—151.

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук Г. П. Дубиковский,  
начальник Управления Госторффонда  
при Госплане БССР И. Я. Бритов,  
кандидат химических наук Н. И. Бамбалов

30901—138

П—————80—78 © Издательство «Наука и техника», 1978.

М316—78

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Масштабы добычи торфа для сельского хозяйства требуют повышения его удобрительной ценности и более рационального использования. Огромные запасы азота, связанного с органическим веществом торфа, особенно низинного, а также гуминовые вещества, содержащиеся в торфе, служат основой его удобрительного действия. Одним из путей мобилизации этих веществ является термическая подготовка, происходящая в результате микробиологических, биохимических и химических процессов, протекающих при хранении и обуславливающих саморазогревание торфа. Подвергшийся саморазогреванию торф — более ценный субстрат для питания растений, чем проветренный торф, а в отдельных случаях и навоз.

Изложенные в книге результаты исследований химического состава наиболее лабильных компонентов торфа — углеводов и аминокислот, а также данные о накоплении подвижных форм азота при хранении торфа различного ботанического состава, о природе, факторах и химических реакциях, обеспечивающих мобилизацию азота торфа, представляют интерес для определения рациональных путей использования отдельных видов торфа в качестве удобрения.

Практическая ценность работы заключается в теоретическом обосновании приемов повышения подвижности азота путем организованного складирования, применения передвижек, добавки малоразложившегося углеводсодержащего сырья, активизации органического вещества торфа посредством обработки его безводным аммиаком в период хранения.

Работа возглавлялась доктором технических наук Н. С. Панкратовым. Изучение химического состава торфа, механизма образования подвижных форм азота и взаимодействия торфа с безводным аммиаком осуществлялось под руководством кандидата технических наук С. С. Маль. В проведении исследований и обработке фактического материала участвовали старшие инженеры

З. М. Сливка, С. С. Поваркова, Г. И. Максименок. Разработкой технологических приемов мобилизации азота торфа и обработки его безводным аммиаком в период хранения руководил кандидат технических наук А. П. Гаврильчик. В исследованиях, а также в обработке фактического материала принимали участие старший инженер Г. И. Максименок и младший научный сотрудник А. А. Казаков. Глава о сельскохозяйственном использовании торфа написана кандидатом сельскохозяйственных наук А. С. Мееровским (Институт почвоведения и агрохимии МСХ БССР).

За большую помощь, оказанную при организации наблюдений за мобилизацией подвижных форм азота при хранении торфа на торфоучастках Белсельхозтехники в Могилевской и Минской областях, авторы выражают благодарность начальнику инспекторского пункта Госторффонда при Госплане БССР П. Г. Лойко, а также кандидату технических наук П. Л. Фалюшину за проведение термографических исследований и сотрудникам лаборатории Н. П. Кананович, Н. В. Молоковой, Г. В. Герасимович за участие в работе.

Авторы искренне признательны доктору сельскохозяйственных наук Г. П. Дубиковскому, начальнику Управления Госторффонда при Госплане БССР И. Я. Бритову и кандидату химических наук Н. Н. Бамбалову, за ценные замечания, а также руководителям предприятий П. Я. Солохо, С. В. Соколовскому, А. А. Ковалевскому и Н. Ф. Рабчуку за содействие в организации полевых исследований.

## ЗАГОТОВКА И ХРАНЕНИЕ ТОРФА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Основным источником увеличения запасов гумуса в почве являются органические удобрения. Их роль, особенно на легких почвах, характерных для Белорусской ССР, многообразна. Органические удобрения — решающий фактор высокой эффективности минеральных туков, улучшения поглотительных и сорбционных свойств почв, получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. За счет органических удобрений к концу десятой пятилетки в Белоруссии будет покрываться не менее 1/3 потребности сельскохозяйственных культур в питательных элементах. Для получения запланированных урожаев в 1980 г. должно заготавливаться не менее 80—82 млн. т органических удобрений, или по 15,2 т на 1 га пашни. Расчеты показывают, что около 50% их объема будет приходиться на экскременты животных в стойловый и пастбищный периоды, а остальное количество покроеется за счет торфа, ежегодная заготовка которого должна достичь 35—39 млн. т (табл. 1). Сельское хозяйство республики — основной потребитель торфа, только в десятой пятилетке для производства удобрений будет использовано около 180 млн. т. Для сравнения отметим, что на огромной территории РСФСР за восьмью пятилетку заготовлено 307,5 млн. т, а за 1971—1975 гг. — 412 млн. т.

Д. Н. Прянишников в свое время назвал низинный торф, содержащий до 3—3,5% азота, азотной рудой. Однако этот азот находится в торфе в химически связанном состоянии и сделать его доступным для питания растений достаточно трудно. Известно, что процесс саморазогревания крошкообразного (фрезерного) торфа при хранении в крупных штабелях сопровождается

Таблица 1

## Применение торфа на удобрения в Белорусской ССР в 1976 — 1980 гг. (тыс. т)

Область	Годы						Удельный вес торфа в общем количестве органических удобрений, %				
	1976—1980	1976	1977	1978	1979	1980	1976 г.	1977 г.	1978 г.	1979 г.	1980 г.
Брестская	26 867	4667	5030	5230	5520	6420	47	48	48	49	51
Витебская	36 961	6561	7120	7200	7790	8290	53	54	53	52	55
Гомельская	28 743	5703	5630	5680	5730	6000	46	45	44	43	43
Гродненская	20 863	3383	3960	4040	4000	4980	43	42	42	41	45
Минская	43 708	8548	8580	8750	8650	9180	51	50	50	49	49
Могилевская	21 728	4208	4180	4150	4110	5080	43	42	41	39	44
Всего	178 870	33570	34500	35050	35800	39950	48	46	47	46	48



накоплением подвижных форм азота — аммиака и легкогидролизуемого азота, быстро усвояемых растениями [1].

Активизация азота торфа — одна из основных задач рационального использования его в сельском хозяйстве еще и потому, что, по данным А. В. Петербургского [2], в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства и намеченным повышением урожайности дефицит азота будет возрастать.

В связи с изложенным комплексные исследования по изучению происходящих в результате саморазогревания превращений торфа и его отдельных компонентов позволяют разработать не только мероприятия по снижению потерь органического вещества, но и воздействовать на автотермические процессы при хранении торфа. Более глубокое изучение саморазогревания торфа диктуется также необходимостью создания научных основ и практических приемов направленного изменения его качественных характеристик при хранении. Введение безводного аммиака в штабеля торфа в период его хранения позволит получить на основе торфа комплексные органические удобрения с высоким содержанием подвижных форм азота.

### **Добыча торфа для сельскохозяйственного использования**

В настоящее время при добыче торфа для сельского хозяйства применяется фрезерный способ разработки торфяных месторождений, основанный на послойной сработке залежи и называемый «послойно-поверхностным». Заготовку торфа осуществляют механизированные отряды Сельхозтехники (около 75% от общего производства) и частично торфопредприятия, добывающие торф для энергетики и брикетных заводов.

Основная масса торфа будет заготовлена с применением существующих торфоуборочных машин. Причем опыт работы отделений Сельхозтехники показывает, что для обеспечения рациональной работы уборочных машин типа УМПФ необходимо на каждую из них иметь участок площадью не менее 25—30 га. Однако для добычи торфа на удобрение часто используются массивы малых размеров, имеющие изрезанную конфигурацию,

суходолы, резкие колебания глубины торфяной залежи, но расположенные недалеко от потребителя. Разработка таких месторождений значительно сокращает транспортные расходы, однако затрудняет или делает невозможным создание стандартных схем осушения (карты длиной 500 м и шириной 40 м), обеспечивающих экономичную и высокопроизводительную работу технологического оборудования. При работе же машин УМПФ на картах длиной менее 150 м производительность их уменьшается. Поэтому на таких полях для уборки фрезерного торфа целесообразно применять скрепер-бульдозеры, так как длина их рабочего хода 125 м.

Преимущество схемы с использованием скрепер-бульдозеров заключается в меньшей трудоемкости и стоимости работ (простота процесса и возможность применения несложного оборудования), хотя качество добываемого торфа при этом несколько ниже, чем при добыче специализированными торфяными машинами.

Технологический процесс добычи торфа на удобрение состоит из следующих операций: фрезерования верхнего слоя залежи, ворошения сфрезерованного слоя для ускорения процесса естественной сушки, валкования подсушенного слоя торфяной крошки, уборки в навалы, штабелевания навалов торфяной крошки.

Фрезерование торфяной залежи производится на глубину до 20 мм. Работает фрезерный барабан по кольцевой схеме на одной или двух смежных картах. Ворошение сфрезерованного торфа осуществляется не более двух раз в день в зависимости от погодных условий. Ворошилки также работают по кольцевой схеме. Подсушенную торфокрошку валкуют прицепными валкователями типа ВУФ или ВПС.

Уборку торфа желательно начинать через два часа после валкования, для того чтобы свалкованная крошка дополнительно подсохла за это время. Схема работы уборочных машин аналогична движению валкователя, причем машины УМПФ-4, 6, 7 движутся против часовой стрелки, а УМПФ-8 — по часовой.

В зависимости от типа применяемых уборочных машин из технологического цикла может быть исключено валкование (при применении пневматических машин и скрепер-бульдозеров), а также совмещена уборка и штабелевание (при использовании скрепер-бульдозера). Пе-

**Операции, их продолжительность и оборудование  
при добыче фрезерного торфа на удобрение**

Операция	УМПФ	Скрепер-бульдозер	Продолжительность операции, ч
Фрезерование	Фрезбарабан типа БФ, СВШ и др.	Дисковый луцильник ЛД-5, ЛД-10 (два прохода), фрезы типа ФБН	17,5
Ворошение	Ворошилка типа ВФ (2 — 3 ворошения за один цикл)	Дисковый луцильник ЛД-5, ЛД-10	
Валкование	Валкователь типа ВУФ или ВПС	—	8
Уборка	Уборочная машина типа УМПФ	Скрепер-бульдозер	12
Штабелевание	Штабелюющая машина ОФ	»	17,5
			21

речень операций и оборудования по добыче торфа приведен в табл. 2.

При разработке малых торфяных месторождений может иметь место неполная загрузка применяемых машин. В этих случаях целесообразно использовать тракторы с прицепными машинами для работы на нескольких технологических операциях, что позволит уменьшить количество тракторов и персонала.

### Хранение фрезерного торфа

Схемы хранения торфа зависят от размера, конфигурации разрабатываемого месторождения и применяемого технологического оборудования. При длине карт более 300 м и уборке машинами УМПФ торф складывается у валовых каналов в концах карт. В остальных случаях штабелевание его осуществляется в одном конце карт преимущественно на суходолах (рис. 1). Такая расстановка штабелей позволяет повысить коэффициент использования площади, упрощает схему вывозки в весенне-осенние периоды, но вместе с тем снижает производительность машин УМПФ. Разгрузка машин УМПФ выполняется на откосах штабеля равномерно по всей длине с последующим штабелеванием машиной ОФ и в

редком случае бульдозером или тракторным погрузчиком. Складочные единицы создаются треугольного сечения с ровной боковой поверхностью, что снижает намочение торфа атмосферными осадками. Увлажнение фрезерного торфа при хранении на полях уменьшается с увеличением высоты и угла наклона боковых и торцевых откосов штабеля. Высота штабеля зависит от типа применяемых штабелюющих машин и колеблется в пределах 7—8 м при работе машин ОФ, а угол откоса зависит

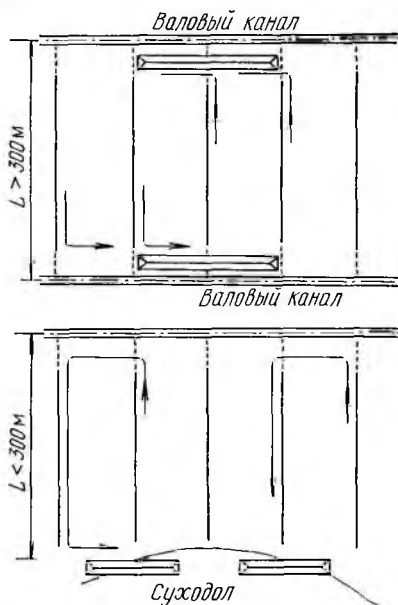


Рис. 1. Схема расположения штабелей и движения уборочных машин типа УМПФ

от угла естественного откоса фрезерного торфа и составляет 38—42°.

Разработка на удобрение малых торфяных месторождений с использованием одной-двух УМПФ приводит к недозагрузке ОФ, так как одна штабелюющая машина способна обслужить комплект из 3—4 УМПФ. В этих условиях убраный торф целесообразно штабелевать бульдозером.

При уборке торфа скреперами и бульдозерами используют следующие схемы расположения штабелей и работы уборочных машин (рис. 2). Штабеля, создаваемые с помощью скреперов и бульдозеров, как правило, имеют высоту не более 3,5 м и значительную ширину по верху. Торф в них хранится в виде навалов с неровными поверхностями, в связи с чем создаются застойные зоны, приводящие к накоплению и последующему впитыванию атмосферных осадков. Качество торфа здесь ху-

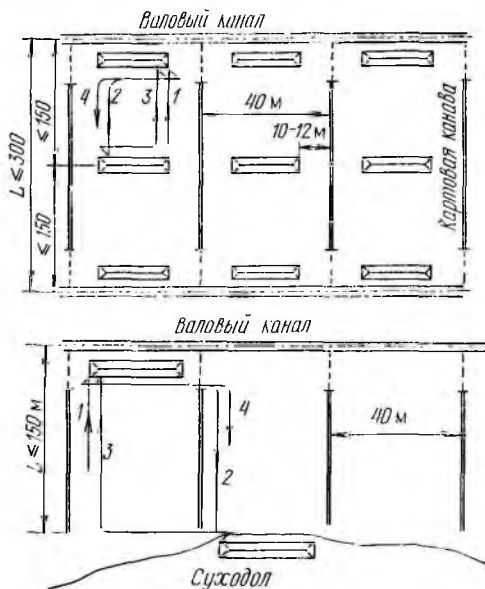


Рис. 2. Схема расположения штабелей и движения скрепер-бульдозера при уборке торфа на удобрение

же, чем при применении штабеляющей машины. Преимущество этой схемы состоит в простоте применяемого оборудования и более низкой себестоимости готовой продукции.

Переход предприятий торфяной промышленности и других торфодобывающих организаций на добычу торфа фрезерным способом значительно осложнил его хранение. В штабелях в результате микробиологической и ферментативной деятельности и окислительных экзотермиче-

ских процессов происходит изменение структурно-механических и физико-химических характеристик материала. Повышение температуры внутри складочных единиц выше 65—75 °С приводит к развитию чисто химических реакций, сопровождаемых превращениями компонентов торфа, увеличению потерь органического вещества. Развитие процесса саморазогревания торфа часто завершается образованием внутри штабелей пирофорного продукта, так называемого «полукокса», появлением очагов самовозгорания, а иногда и торфяных пожаров [3].

Большой интерес представляет изучение роли саморазогревания торфа, добываемого на удобрения. При определенных условиях этот процесс способствует мобилизации связанного азота торфа и переводу части его в легкоусвояемые для растений формы. Для различных видов торфа накопление подвижных форм азота при хранении идет по-разному и, как будет показано ниже, зависит не только от вида торфа, но и от температуры саморазогревания, продолжительности хранения, условий аэрации, влажности, технологических приемов добычи, хранения и др. Процесс саморазогревания существенно влияет также на взаимодействие торфа с безводным аммиаком при введении последнего в штабель торфа. В свою очередь введенный аммиак воздействует на саморазогревание, и, таким образом, эти процессы взаимосвязаны и взаимообусловлены.

### БОТАНИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ТОРФА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

БОТАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ,  
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
И ОБЩЕТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Различия в геоморфологических и экологических условиях образования торфяников приводят к накоплению различных типов и видов торфа, отличающихся по составу и свойствам [4]. По общепринятой классификации торфяные месторождения в зависимости от строения и качества торфяной залежи делятся на четыре типа: низинные, верховые, переходные и смешанные. Низинные месторождения формируются в условиях богатого минерального питания. Торф низинных месторождений характеризуется повышенной зольностью (6—18%), нейтральной или щелочной реакцией среды. Верховые торфяные месторождения образуются в условиях бедного минерального питания. Этот торф отличается низкой зольностью и повышенной кислотностью. Переходные торфяные месторождения возникают в условиях более бедного минерального питания, чем низинные, и сильного обводнения. В табл. 3 приведены основные качественные показатели различных типов нормально-зольного торфа, наиболее перспективного для использования в сельском хозяйстве.

С точки зрения применения торфа на удобрения наиболее ценны низинные и переходные торфяные месторождения, торфяная залежь которых имеет высокую степень разложения и низкую кислотность. Верховые месторождения дают в основном торф низкой степени разложения, который используется в качестве подстилочного материала в животноводстве и птицеводстве, а также находит применение в овощеводстве, садоводстве и т. д.

В настоящее время требования, предъявляемые к торфу как сырью для сельскохозяйственного использо-

Таблица 3

## Характеристика основных видов торфа [4, 5]

Тип торфа	Ас, %	рН солевой вытяжки	Группа торфа	Степень разложения, %	Влажность, абс. %	СаО, % на АСВ	Содержание, % на	
							азот	гуминовые кислоты
Верховой	До 4,0	3,2—3,6	Моховая	5—25	1500	0,5	1,4	18,5
			Травяная	35—55	900	0,5	1,8	33,7
			Древесная	40—60	700	1,0	1,6	41,8
Переходный	4,0—6,0	3,9—4,1	Моховая	15—35	1200	1,5	2,0	31,7
			Травяная	25—40	850	0,9	2,2	36,0
			Древесная	45—60	700	2,4	2,1	44,3
Низинный	6,0—18,0	4,9—5,3	Моховая	15—30	1000	2,2	2,2	36,1
			Травяная	25—40	800	2,2	2,7	38,9
			Древесная	45—60	600	3,4	2,7	41,6

Примечание. Здесь и далее Ас — зольность сухого торфа; АСВ — абсолютно сухое вещество; ОВ — органическое вещество.

вания, не учитывают изменений, происходящих в торфе при хранении. Так, для производства подстилочных материалов общесоюзный стандарт, стандарты ЭССР, БССР и УССР разрешают использовать не только верховой, но также переходный и даже некоторые виды низинного торфа (осоковые, гипновые, тростниковый) со степенью разложения до 25—30% и зольностью 15—23% [4, 5].

Для приготовления органических и органо-минеральных удобрений (гексаторф, торфо-гуминовые удобрения, комплексные гранулированные торфо-минеральные удобрения) считается пригодным торф любого ботанического состава со степенью разложения выше 20—25% и зольностью не более 25%. Для производства гексаторфа содержание гуминовых кислот должно быть не менее 25% от органического вещества торфа.

Для приготовления компостов и органических удобрений ботанический состав торфа не регламентируется. Ограничения существуют только по степени разложения, которая должна быть не менее 20—25%, и золе, количество которой ограничено 20—25% на сухое вещество. По ГОСТу 12 101-66 (при согласовании с потребителем) допускается использование торфа зольностью до 35%.



## ХАРАКТЕРИСТИКА АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ТОРФА

Торф и торфяные почвы отличаются относительно высоким содержанием общего азота. Особенно много его в торфах низинного типа — 1,3—3,8% на органическое вещество (ОВ). В торфе верхового типа азота содержится меньше — 0,6—2,5% на ОВ. Значительная часть азотсодержащих соединений входит в состав гуминовых веществ, количество которых в торфе колеблется от 25 до 50%. Гуминовые вещества и другие азотсодержащие соединения торфа — естественные источники пополнения запасов гумуса и азота в почве.

По современным представлениям, азот в торфе обязан своим происхождением главным образом белковым веществам растений-торфообразователей и животных. Органическое вещество торфа богаче азотом, чем исходные растения, что связывают с образованием в процессе генезиса биохимически устойчивых форм азотсодержащих соединений, главным образом гуминовых кислот. Закрепление азота в гуминовых веществах может идти путем реакции между продуктами окисления ароматических веществ (лигнина) — хинонами с образованием диаминобензохинонов (по типу реакции, предложенной Кононовой) или гетероциклических соединений (гипотеза Фляйга), а также по типу образования меланинов [7]. Ряд исследователей [7—12] значительную роль в генезисе органического вещества почв, торфов и углей отводят взаимодействию белковых веществ, полипептидов и аминокислот с углеводами (меланоидиновой реакции) и считают эту реакцию одной из первых стадий в процессе образования азотсодержащей части гуминовых кислот.

Изучению азотсодержащих соединений торфа посвящено немного работ. Распределение азота между отдельными компонентами торфа показано в [14—16]. Наиболее подробные сведения о балансе азота в растениях-торфообразователях и торфах приведены Мацеком [17, 18]. На основании анализа профильных разрезов 10 низинных и 2 верховых торфяников им показано, что содержание органического азота в низинных торфах колеблется от 97 до 99%, а в верховых — от 86 до 96% от общего азота. Остальная часть общего азота — 1—3% для низинных и 4—14% для верховых торфов — неорганиче-

ский азот. Значительная часть органического азота представлена аминным, количество которого на верховых торфяниках достигает 31,0%, а на низинных — 27,8% от азота торфа. Примерно столько же азота в соединениях, негидролизуемых 6 н. соляной кислотой: на низинных — 30,4%, а на верховых торфяниках — 31,0% от азота торфа. Этот азот частично входит в состав гуминовых соединений торфа.

Сопоставление полученных материалов о содержании отдельных форм азота в растениях-торфообразователях и торфах позволило автору сделать вывод о том, что в процессе торфообразования количество аминного азота снижается, а негидролизуемых азотсодержащих соединений возрастает. Полученные Мацеком данные недостаточно увязаны с видом и степенью разложения торфа.

Изучение влияния степени разложения торфа на выход и характеристику веществ, гидролизуемых 2%-ной соляной кислотой, показало, что с увеличением степени разложения от 5—15 до 25—35% в медиум, фускум и осоковом торфах подвижность органического вещества снижается и количество азота, переходящее в солянокислый гидролизат, падает почти в 2 раза [16]. В то же время повышается содержание гуминовых кислот и азота в них [5].

Ряд работ посвящен определению содержания общего азота и аминокислот в верховых торфах [19, 20].

Изучение природы и механизма процесса саморазогревания торфа и выявление роли отдельных факторов в образовании подвижных форм азота при хранении позволили накопить обширный экспериментальный материал о формах азота и составе аминокислот в отдельных видах торфа низинного типа [3, 21]. Наблюдениями были охвачены осоковые, древесно-осоковые, тростниковые, древесно-тростниковые и древесные виды торфа, широко распространенные не только в Белорусской ССР [22], но и в других торфодобывающих районах страны. Так, запасы осокового торфа составляют 15,6%, а древесно-осокового — 4,7% от общего промышленного фонда в европейской части РСФСР [5].

Ботаническая характеристика, содержание общего азота и его отдельных форм в растениях-торфообразователях низинных болот и низинных видах торфа показаны в табл. 4 и 5. При проведении исследований общий

азот определяли полумикрометодом Кьельдаля [23], аммиачный — в 0,1 н. солянокислой вытяжке колориметрически с реактивом Неслера, аминный — по Попе и Стивенсу [24], а азот в соединениях, негидролизующихся 20%-ной соляной кислотой, — полумикрометодом Кьельдаля.

Анализ экспериментального материала свидетельствует, что для осоковых торфов характерна более низкая степень разложения (20—30%), в то время как тростниковые, древесно-тростниковые и древесные виды торфа имеют степень разложения более 40% и повышенную зольность.

Содержание общего азота в обследованных видах торфа было примерно одинаковым и находилось в пределах 3—4%, лишь в отдельных пробах снижаясь до 2,5%. Сопоставление данных о содержании азота в растениях-торфообразователях и в торфе подтверждает тот факт, что в процессе генезиса имеет место накопление азота, количество которого повысилось в 2,5—3 раза. Аминный азот составляет основное количество, и содержание его достигает 50—84%, в то время как на соединения, негидролизующиеся 20%-ной соляной кислотой, приходится только 12—17% от общего азота растений. При переходе от растений к торфу, а в дальнейшем с увеличением степени разложения торфа соотношение между формами азота изменяется: количество аминного азота снижается, а негидролизующихся азотсодержащих соединений возрастает. Эта закономерность отчетливо видна при математической обработке данных, приведенных в табл. 4 и 5. В осоковом торфе относительное содержание аминного азота в 1,5—2 раза меньше, чем у торфообразователей, и составляет в среднем 37,4% от общего азота торфа (при степени вероятности 0,95 доверительный интервал  $35,4 < \alpha < 39,4$ ). С увеличением степени разложения в тростниковом, древесно-тростниковом и древесном видах торфа до 35—55% наблюдается дальнейшее снижение аминного азота, количество которого падает до 30,9% от азота торфа (при той же степени вероятности доверительный интервал  $28,9 < \alpha < 32,9$ ). В то же время у тростникового, древесно-тростникового и древесного видов торфа, отличающихся высоким содержанием биохимически устойчивых гуминовых веществ [5], негидролизующиеся соединения включают в среднем 32,0% от общего азота торфа (доверительный интервал  $30,2 < \alpha < 33,7$ ).

Формы азота в осоке и осоковом торфе

Номер проб	Торфопредприятие, место отбора проб	Степень разложения, %	Ботанический состав, %	Ас, %	Общий азот, % на ОБ	Формы азота		
						аммиачный, мг/100 г АСВ	% к азоту торфа	
							аминный	в остатке после гидролиза 20%-ной HCl
<i>Осоки</i>								
1	—	—	Осока необычная, листья*	—	1,47	—	84,2	12,0
2	—	—	Осока своеобразная, листья*	—	1,37	—	82,7	12,5
3	—	—	Осока необычная, корни*	—	1,08	—	63,9	16,9
4	—	—	Осока своеобразная, корни*	—	1,03	—	63,4	14,7
5	—	—	Осока вздутая, топяная, обыкновенная, корневища гумифицированные	—	1,05	—	37,1	12,3
<i>Осоковые торфа</i>								
6	«Радичево»	20	Тростник — 5, осоки разные — 80, гипновые мхи — 15	7,6	3,28	32	36,3	—
7	«Чистик», площадка 13	20—25	Древесина лиственных — 5, тростник — 10, осока шершавоплодная — 55, осока бутыльчатая — 20, осока топяная — 5, гипновые мхи — 5	4,3	3,03	15	36,3	25,4
8	«Чистик», площадка 13	20—25	Тростник — 10, осока шершавоплодная — 60, осока бутыльчатая — 15, осока топяная — 10, вахта — 5, древесина, сфагновые мхи, хвощ — редко	4,9	2,93	15	37,5	26,3
9	«Смолевичское», площадка 17	25	Кора сосны и березы — 5, тростник — 10, осоки разные — 80, гипновые мхи — 5	6,0	3,18	35	35,8	31,1
10	«Чистик», площадка 17	25—30	Кора ольхи — 5, тростник — 20, осоки разные — 70, зеленые мхи — 5, вахта, шейхерия — редко	6,7	3,58	28	—	24,8
11	«Смолевичское», площадка 21	25—30	Древесина лиственных — 5, тростник — 20, осоки разные — 70, зеленые мхи — 5	6,6	3,00	22	43,6	28,7
12	«Чистик», площадка 17	30	Тростник — 15, осока шершавоплодная — 55, осока необычная — 15, осока топяная — 10, вахта — 5	7,3	3,19	14	36,0	32,3
13	«Ладово»	30	Тростник — 5, осоки разные — 95,	14,3	4,62	—	—	—
14	«Смолевичское», площадка 17	30—35	Тростник — 10, осока шершавоплодная — 35, осока бутыльчатая — 25, осока топяная — 15, осока своеобразная — 5, вахта — 5, сфагновые мхи — 5	5,6	2,87	24	31,7	27,9
15	«Петровичи»	35	Тростник — 15, осока шершавоплодная — 35, осока бутыльчатая — 20, осока необычная — 10, папоротник — 5, шейхерия — 5, гипновые мхи — 5, остатки древесины — 5	10,4	3,30	22	33,9	21,8
16	«Смолянка»	35—40	Древесные остатки — 5, тростник — 10, осока шершавоплодная — 45, осока бутыльчатая — 25, осока топяная — 10, вахта — 5	15,0	3,96	19	37,6	21,9
17	«Светлогорское», поле 32	35—40	Древесина — 25, тростник — 25, осоки разные — 40, вахта — 10, папоротник — ед.	9,1	3,34	50	35,6	31,1
18	«Смолянка»	40—45	Древесина лиственная — 5, кора березы — 5, тростник — 10, осока шершавоплодная — 30, осока бутыльчатая — 25, осока топяная — 25	10,0	3,45	19	31,9	21,7
19	«Гричин-Старобинский»	40—45	Тростник — 15, осока шершавоплодная — 50, осока кочкарная — 35	10,5	3,59	—	41,2	25,0
20	«Озерецкое»	40—50	Тростник — 10, осока своеобразная — 60, осока шершавоплодная — 25, хвощ — 5	9,7	3,23	—	43,2	27,3

Формы азота в тростнике, древесине, тростниковом, древесно-тростниковом и древесном видах торфа

Номер проб	Торфопредприятие, место отбора проб	Степень разложения, %	Ботанический состав, %	Ас, %	Общий азот, % на ОБ	Формы азота		
						аммиачный, мг/100 г АСВ	% к азоту торфа	
							аминный	в остатке после гидролиза 20%-ной НСЛ
<i>Тростник</i>								
1	—	—	Тростник, ризойды*	26,0	2,80	—	50,3	—
2	—	—	Тростник, корневище*	17,4	1,56	—	49,6	—
3	—	—	Тростник, стебли	—	0,40	—	45,0	—
<i>Тростниковые торфа</i>								
4	«Чертедь»	20	Тростник — 95, осока бутылчатая, осока шершавоплодная — 5	6,2	2,60	22	38,0	26,1
5	«Петровичи»	35	Древесина лиственных — 5, тростник — 70, осока шершавоплодная — 5, осока кочкарная — 5, осока бутылчатая — 5, вахта — 5, гипновые мхи — 5	9,9	3,52	22	39,7	26,7
6	«Смолевичское», площадка 26	35	Древесина лиственных — 10, кора ольхи — 5, тростник — 65, осоки разные — 15, хвощ — 5, кора сосны — редко	13,7	3,20	33	25,0	26,9
7	«Чистик», площадка 22	35—40	Древесина лиственных — 5, кора березы — 5, кора сосны — редко, тростник — 75, осока шершавоплодная — 10, осока бутылчатая — 5	9,8	3,32	22	36,1	33,1
8	«Закравшизна»	35—40	Тростник — 70, осока шершавоплодная — 15, осока своеобразная — 10, кочкарная — 5	16,8	3,00	30	32,7	33,0
9	«Смолевичское», площадка 26	40	Древесина лиственных — 10, тростник — 50, осока шершавоплодная — 5, осока бутылчатая — 5, вахта — 20, хвощ — 10	20,5	3,39	11	33,3	32,5
10	«Ладово»	40	Тростник — 90, осока — 10	12,8	3,82	—	—	—
11	«Моторово»	40—45	Кора ольхи — 10, тростник — 80, осока кочкарная — 5, осока шершавоплодная — 5	12,6	3,62	—	32,6	30,4
12	«Мневское»	40—45	Тростник — 95	47,0	2,70	—	27,9	—
13	«Гричин-Старобинский»	55	Древесина лиственных — 10, тростник — 85, хвощ — 5	31,0	3,88	—	21,1	36,0
<i>Древесно-тростниковые торфа</i>								
14	«Смолевичское», площадка 24	40	Древесина лиственных — 35, тростник — 40, осоки — 15, вахта — 5, хвощ — 5	11,6	3,35	—	35,8	31,3
15	«Заволочицы»	40	Древесина лиственных — 25, кора березы и ольхи — 5, тростник — 50, осока шершавоплодная — 5, осока бутылчатая — 5, осока кочкарная — 5, вахта — 5, гипновые мхи — редко	12,1	3,34	23	32,9	32,9
16	«Смолевичское», площадка 24	40—45	Древесина лиственных — 25, кора сосны — 5, тростник — 65, вахта — 5, обрывки сфагновых мхов — редко	13,8	3,20	25	36,8	30,6
17	«Смолевичское», площадка 9	40—45	Древесина лиственных — 35, кора сосны и ольхи — редко, тростник — 45, осока шершавоплодная — 10, сфагновые мхи — 10	8,1	2,49	14	31,7	33,5
18	«Светлогорское», поле 33	50	Кора и древесина лиственных — 40, тростник — 40, осоки — 10, вахта — 5, папоротник — 5, хвощ — единично	14,1	3,35	20	33,7	34,0

Номер проб	Торфопредприятие, место отбора проб	Степень разложения, %	Ботанический состав, %	Ас, %	Общий азот, % на ОВ	Формы азота			
						аммиачный, мг/100 г АСВ	% к азоту торфа		в остатке по- сле гидролиза 20%-ной НСl
							амин- ный		
<i>Древесина</i>									
19	—	—	Ольха, листья*	8,21	2,53	—	59,1	—	
20	—	—	Древесина гумифицированная	—	1,20	—	38,3	25,8	
<i>Древесные торфа</i>									
21	«Смолевичское», площадка 8	35	Древесина лиственных — 55, кора сосны — 15, ко- ра ольхи — 5, тростник — 20, хвощ — 5, осока шершавоплодная — редко, сфагновые мхи — редко	13,2	2,25	20	26,7	35,0	
22	«Смолевичское», площадка 26	35	Древесина лиственных — 60, кора сосны — 5, кора бе- резы — 5, тростник — 15, осока шершавоплодная — 10, хвощ — 5	22,5	3,30	18	31,8	28,1	
23	«Чистик», площадка 24	35—40	Древесина лиственных — 50, древесина хвойных — 20, тростник — 30, осоки — редко	10,1	3,40	30	33,8	27,3	
24	«Чистик», участ- ток «Яськово болото»	40	Древесина ольхи — 60, древесина березы — 10, дре- весина ели — 5, тростник — 15, осока шершавоплод- ная — 5, вахта — 5	12,5	3,45	10	34,8	27,8	
25	«Бабирово»	40	Древесина лиственных 70, тростник — 15, осоки — 15	20,8	3,66	10	31,4	32,8	
26	«Смолевичское», площадка 8	40—45	Древесина лиственных — 65, кора сосны — 5, кора ольхи — 5, тростник — 20, хвощ — 5, осоки — редко	12,8	2,57	14	31,1	35,0	
27	«Пурвины»	50—55	Древесина и кора ели — 45, кора ольхи — 5, дре- весина ивы — 35, тростник — 15	14,4	3,08	—	16,2	31,2	

В осоковом торфе эти соединения содержат примерно на 20% меньше азота — 26,9% от общего азота торфа (доверительный интервал  $24,8 < \alpha < 29,0$ ).

О присутствии аминокислот в торфе было известно давно [26]. Согласно литературным данным, в гидролизатах растений-торфообразователей и торфа идентифицирована 16—21 аминокислота [3, 16—20, 25, 27]. И. А. Пальмин [25], наиболее подробно исследовавший этот вопрос, пришел к заключению, что содержание и состав аминокислот в растениях-торфообразователях и торфе почти одинаковы и не зависят от степени разложения торфа.

В настоящей работе обобщен обширный экспериментальный материал авторов и литературные данные [25] о составе аминокислот в растениях-торфообразователях низинных болот и торфе низинного типа, которые приведены в табл. 6 и 7. Как видно из таблиц, количество аминокислот в различных частях растений-торфообразователей колеблется от 2 до 10% на ОВ. Сумма аминокислот в осоковом торфе достигает 7—10% на ОВ, в то время как в тростниковом, древесно-тростниковом и древесном видах торфа она несколько ниже — от 5,0 до 8,0% и лишь в двух образцах превышает 9% на ОВ. Сопоставление полученных данных свидетельствует о том, что белковые вещества торфообразователей относительно более устойчивы по сравнению с другими компонентами торфа и деструкция их в процессе генезиса происходит довольно медленно. В составе аминокислот растений-торфообразователей и торфа преобладают одни и те же аминокислоты: пролин, лейцины, глутаминовая и аспарагиновая. Однако приведенные на рис. 3 средние данные об относительном содержании отдельных аминокислот в осоке и осоковом торфе показывают, что торф содержит меньше диаминокислот — лизина и аргинина, а также гистидина и тирозина. Аналогичная закономерность наблюдается и для тростникового, древесно-тростникового и древесного видов торфа [21]. Из сказанного вытекает, что данные аминокислоты в первую очередь принимают участие в торфообразовательном процессе. Это хорошо коррелирует с литературными материалами, согласно которым при участии в меланоидиновой реакции полипептидов и белков прежде всего с углеводами за счет свободных аминогрупп взаимодействуют диамино-

Таблица 6

Содержание  $\alpha$ -аминокислот в осоке и осоковом торфе, мг/100 г ОВ

Номер пробы (по табл. 4)	Пролин	Лей- цины	Глутаминовая	Глицин	Аспарагиновая	Валин	Аланин	Тре- онин	Серин	Фенилаланин	Гисти- дин	Лизин	Арги- нин	Тиро- зин	Цис- теин	Сумма амино- кислот, % на ОВ
1	1370	1016	596	548	595	588	566	445	610	429	376	313	569	364	252	8,7
2	775	788	578	353	500	408	298	464	433	402	717	578	578	353	198	7,4
3	542	688	454	317	343	262	253	408	285	251	440	400	—	100	260	5,0
4	927	451	384	283	388	255	251	297	336	245	365	300	—	223	156	4,9
5	275	298	313	187	191	189	229	342	196	210	126	157	108	78	23	2,9
7	723	671	738	413	751	487	415	605	481	774	228	253	294	163	120	7,1
9	962	830	905	518	908	587	651	881	640	447	305	345	299	182	143	8,6
10	1023	595	641	523	968	413	521	456	343	335	205	316	329	148	136	7,0
11	935	1008	900	793	968	626	600	936	576	520	378	488	322	203	142	9,4
12	877	740	720	489	714	388	399	624	439	557	255	265	279	135	102	7,0
13	150	860	920	460	500	570	830	740	980	2000	160	620	440	230	170	9,6
14	644	670	800	366	734	467	431	580	345	364	225	223	222	145	112	6,8
16	1105	780	918	464	908	512	395	768	649	915	177	270	179	88	128	8,7
17	1030	905	1005	831	927	632	668	705	504	876	351	470	432	213	280	9,3
20	885	924	843	620	922	717	600	665	670	657	848	670	—	524	696	10,3



Содержание  $\alpha$ -аминокислот в тростнике, древесине, тростниковом, древесно-тростниковом и древесном видах торфа, мг/100 г ОВ

Номер пробы (по табл. 5)	Пролин	Лейцины	Глутаминовая	Глицин	Аспарагиновая	Валин	Аланин	Треонин	Серин	Фенил-аланин	Гистидин	Лизин	Аргинин	Тирозин	Цистеин	Сумма аминокислот, % на ОВ
1	1384	1003	535	477	648	368	548	425	525	660	670	546	799	446	345	9,4
2	521	502	648	520	446	229	324	339	411	192	283	235	315	203	183	5,3
3	129	192	171	69	184	115	160	154	80	117	64	101	93	56	20	1,7
5	1039	889	840	512	810	479	565	700	523	516	215	273	253	155	70	7,8
6	935	792	760	392	795	566	620	708	453	325	313	211	178	157	146	7,4
7	698	734	891	429	840	506	423	610	507	858	340	251	164	146	140	7,5
9	1003	939	668	416	1029	503	567	727	390	514	128	249	200	143	38	7,5
10	130	670	770	420	250	570	760	760	1060	1430	150	410	150	200	150	7,9
11	934	786	716	297	897	411	462	674	491	477	274	281	277	148	42	7,2
12	1150	670	422	440	255	418	387	323	251	270	285	355	—	241	215	5,7
14	1039	943	915	651	959	669	730	734	561	424	487	525	171	187	188	9,2
15	879	740	714	431	585	368	514	550	404	491	145	212	189	97	59	6,4
16	974	963	796	429	879	465	483	647	457	359	262	267	311	230	155	7,7
17	679	668	449	259	686	374	419	525	274	379	86	196	123	95	27	5,2
18	1151	926	880	697	679	645	615	615	571	540	346	212	426	162	151	8,6
19	1410	1195	650	624	502	461	472	531	498	415	1485	890	118	402	174	9,9
20	352	346	312	195	235	209	188	344	246	289	170	171	124	65	31	3,3
21	627	593	482	231	568	417	405	457	269	235	240	136	96	108	89	4,9
22	1000	893	689	397	1027	492	564	747	441	486	147	222	204	127	32	7,5
23	1012	1020	1077	714	1138	735	610	946	544	557	278	557	249	185	214	9,8
24	1013	899	906	496	738	461	553	692	494	532	193	206	201	121	62	7,6
26	691	663	608	361	613	357	442	452	276	368	152	188	163	97	49	5,5

кислоты, особенно лизин, а также гистидин, тирозин, триптофан [29, 30].

Установленная взаимосвязь между снижением количества аминного азота и накоплением негидролизуемых азотсодержащих соединений с уменьшением относительного содержания диаминокислот, гистидина и тирозина в составе белковых веществ при переходе от растений-торфообразователей к торфу и в дальнейшем с увеличением степени разложения торфа экспериментально подтверждает значительную роль меланоидиновой реакции при образовании биохимически устойчивых азотсодер-

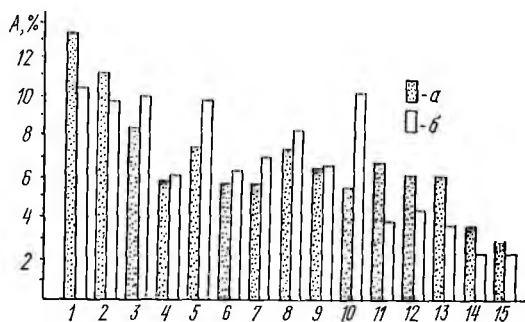


Рис. 3. Среднее содержание отдельных аминокислот (А, % от суммы) в осоке (а) и осоковом торфе (б): 1—пролин; 2—лейцины; 3—глутаминовая кислота; 4—глицин; 5—аспарагиновая кислота; 6—валин; 7—аланин; 8—треонин; 9—серин; 10—фенилаланин; 11—гистидин; 12—лизин; 13—аргинин; 14—тирозин; 15—цистеин

жащих соединений и накоплению азота в процессе генезиса торфа.

Таким образом, приведенные материалы показывают, что низинные виды торфа низкой степени разложения, наиболее широко представленные торфами травяной группы, главным образом осоковым, отличаются повышенным содержанием гидролизуемых азотсодержащих соединений, в том числе аминокислот. С увеличением степени разложения для древесного, древесно-тростникового и тростникового видов торфа характерно повышенное содержание азотсодержащих соединений, устойчивых к процессам гидролиза. Отличие в составе азотсодержащих соединений в торфах обуславливает различные пути их наиболее рационального использования.

## УГЛЕВОДНЫЙ КОМПЛЕКС ТОРФА

Входящие в состав растений-торфообразователей гемицеллюлозы, пектиновые вещества, целлюлоза не полностью разлагаются в торфообразовательном процессе, и поэтому углеводный комплекс торфа представлен в основном полисахаридами торфообразователей. Кроме указанных высокополимерных углеводов, в их составе выявлены и более простые соединения — моносахариды, олигосахариды, уроновые кислоты.

В группу гемицеллюлоз входят все легкогидролизуемые полисахариды, которые включают в качестве элементарных звеньев D-ксилозу, D-арабинозу, D-рамнозу, D-глюкозу, D-маннозу, D-глюкуроновую, D-маннуровую кислоты, их соли и эфиры. Гемицеллюлозы имеют, как правило, разветвленные молекулы со сравнительно небольшой длиной цепи. Степень их полимеризации составляет в среднем 100—200, а надмолекулярная структура носит неупорядоченный аморфный характер. Наиболее распространены из гемицеллюлоз крахмал, состоящий из остатков глюкозы, а также ксилан, арабоксиан, маннан и арабогалактан. Целлюлоза — трудногидролизуемый полисахарид, является линейным полимером ангидро-D-глюкозы со степенью полимеризации 4000—5000. Древесная целлюлоза почти всегда содержит некоторое количество прочно связанных гемицеллюлоз, главным образом ксилана и маннана [31, 32].

Низкоорганизованные растения-торфообразователи — сфагновые и зеленые мхи, а также травы — пушица, осока, шейхцерия — отличаются более высоким содержанием гемицеллюлоз. В составе более высокоорганизованных древесных пород [11, 33—36], а также у тростника преобладает целлюлоза (табл. 8). В торфообразовательном процессе количество целлюлозы снижается быстрее, чем гемицеллюлоз, особенно на богатых микрофлорой низинных торфяниках. Это подтверждает известные материалы о микробиологической устойчивости пентоз — арабинозы и ксилозы, а также галактозы, преобладающих в составе гемицеллюлоз растений-торфообразователей [39].

Торфообразователи низинных и верховых торфяных месторождений различаются составом гемицеллюлоз [33—37, 40, 41]. У наиболее распространенных торфо-

Характеристика углеводного комплекса основных торфообразователей верховых и низинных торфяных месторождений

Торфообразователь	Содержание редуцирующих веществ (РВ), % на ОВ		РВ ЛГ/РВ ТГ	Количество пентоз, % от суммы ЛГ углеводов	Состав легкогидролизуемых углеводов, % на ОВ							
	легкогидролизуемые (ЛГ)	трудногидролизуемые (ТГ)			ксилроза	арабиноза	манноза	рамноза	галактоза	глюкоза	рибоза	сумма мо-носахари-дов
<i>Торфообразователи верховых торфяных месторождений</i>												
Сфагнум магелланикум	31,8	24,4	1,3:1	36,6	2,6	1,3	1,1	0,7	3,5	3,0	0,1	12,3
Сфагнум фускум	28,0	26,6	1,1:1	42,5	1,4	0,8	0,5	1,4	2,7	—	—	6,8
Сфагнум парвифолиум	36,8	—	—	37,3	2,2	1,0	0,9	2,6	4,3	—	—	11,0
Сфагнум куспидатум	37,5	—	—	41,9	1,6	0,6	0,4	1,2	2,4	—	—	6,2
Политрикум	32,7	—	—	—	0,8	4,3	0,6	1,6	3,4	—	—	10,7
Шейхцерия*	29,7	25,3	1,2:1	39,4	6,5	2,8	сл.	сл.	7,1	7,2	—	23,6
Пушица	30,0	28,4	1,1:1	79,5	3,2	2,3	0,3	—	сл.	1,3	0,2	7,3
Ель*	17,6	53,4	0,3:1	28,4	4,2	0,8	9,6	—	1,0	2,0	—	17,6
Сосна*	21,1	44,0	0,5:1	26,5	4,0	1,6	10,4	—	2,1	3,0	—	21,1
<i>Торфообразователи низинных торфяных месторождений</i>												
Каллиергси гигантеум	18,5	—	—	47,8	0,9	1,7	0,3	1,0	3,7	—	—	7,6
Дрепаноклядус верникозус	18,6	—	—	36,6	4,1	2,7	1,1	—	10,7	—	—	18,6
Вахта	28,0	—	—	33,3	0,6	3,1	0,3	2,3	5,1	—	—	11,4
Папоротник (листья)*	10,0	—	—	46,1	2,1	2,6	1,3	—	1,6	2,6	—	10,2
Таволга (стебли, листья)*	33,6	—	—	70,8	14,8	7,8	1,1	0,8	3,2	5,5	0,4	33,6
Осоки	26,2	25,3	1:1	69,8	5,8	3,4	0,9	0,4	1,7	1,9	—	14,1
Тростник	20,8	42,5	0,5:1	65,1	6,5	2,6	0,8	0,4	1,2	1,8	—	13,3
Береза*	27,0	43,8	0,6:1	82,9	21,4	1,0	1,3	сл.	1,2	2,1	—	27,0
Осина*	20,3	44,0	0,5:1	74,2	11,7	0,7	0,8	сл.	1,8	1,7	—	16,7

\* Определение проведено денситометрически здесь и в табл. 9.

образователей верховых месторождений среднее содержание пентоз обычно ниже гексоз. У сфагновых мхов пентозы в магелланикуме составляют 37%, в куспидатуме и фускуме — 42, а у шейхцерии — 38% от суммы моносахаридов в солянокислом гидролизате. Значительно отличается от этих торфообразователей пушица, в составе гемицеллюлоз которой количество пентоз достигает 80% от суммы моносахаридов в солянокислом гидролизате. Так как сумма моносахаридов не совпадает с содержанием РВ, то данные о количестве отдельных моносахаридов, полученные денситометрически, завышены и позволяют судить лишь об их относительном содержании.

Известно, что пентозы активнее гексоз вступают в реакцию с аминокислотами, образуя высококонденсированные азотсодержащие меланоидины, подобные гуминовым кислотам [8, 9, 29]. Проведенное нами сопоставление данных о содержании пентоз (П, % от суммы моносахаридов в солянокислом гидролизате торфообразователя) со степенью разложения (R) и количеством гуминовых кислот ( $G_{гк}$ ) в соответствующих видах торфа [5] выявило прямую связь между этими показателями, которая характеризуется следующими уравнениями регрессии:

$$R = -13 + 0,7 \text{ П, \%}, r = 0,93;$$

$$G_{гк} = 1,4 + 0,5 \text{ П, \% на ОВ}, r = 0,88.$$

Высокие коэффициенты корреляции подтверждают тесную связь состава гемицеллюлоз и степени разложения торфа. Действительно, для торфа верхового типа, у которого значение рН колеблется между 3 и 4, что соответствует изокаталитической точке с самой низкой скоростью деструкции моносахаридов и образования меланоидинов [9, 42], отмечены невысокая степень разложения (в среднем 23%) и низкое содержание гуминовых кислот (в среднем 24,7%). При переходе от сфагновых торфов к пушицевым с увеличением содержания в составе гемицеллюлоз пентоз, скорость деструкции которых выше, чем у гексоз, средняя степень разложения возрастает от 11—15 у сфагнового до 45% у пушицевого торфа, а выход гуминовых кислот — соответственно от 18,8 до 37,5% (рис. 4). Для торфов низинного типа при повышенном содержании пентоз в составе гемицеллюлоз

торфообразователей и значении рН 5—6, что обуславливает увеличение скорости взаимодействия между углеводами и аминокислотами почти на 2 порядка [42], также характерна высокая степень разложения. Средний выход гуминовых кислот при этом повышается до 40%.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что микробиологически устойчивые пентозы, участвуя в меланоидиновой реакции, способствуют накоплению гуминовых веществ.

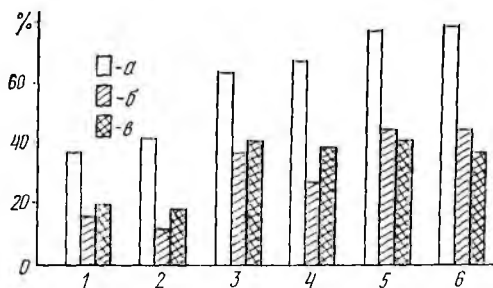


Рис. 4. Взаимосвязь между углеводным составом гемицеллюлоз растений-торфообразователей, степенью разложения и количеством гуминовых кислот в торфах (1 — сфагнум магелланикум; 2 — сфагнум фускум; 3 — тростник; 4 — осока; 5 — листовая древесина; 6 — пушица): а — содержание пентоз, % от суммы моносахаридов в солянокислом гидролизате торфообразователя; б — средняя степень разложения торфа данного вида; в — среднее содержание гуминовых кислот в торфе данного вида

Углеводный состав верхового торфа изучен довольно подробно [19, 20, 37, 38, 40, 41, 45, 46]. Усредненные данные, приведенные в табл. 9, показывают, что сфагновые и шейхцериевые виды торфа очень богаты углеводами. Сумма легко- и трудногидролизуемых РВ при степени разложения ниже 20% составляет 40—50% на ОВ, причем количество легко- и трудногидролизуемых РВ примерно одинаково. Благодаря высокому содержанию углеводов указанные торфа можно использовать в качестве сырья для получения белково-углеводного корма и кормовых дрожжей. У пушицевых торфов той же степени разложения углеводов примерно в 1,5 раза меньше, чем у сфагновых. С увеличением степени разложения содержание углеводов у верховых видов торфа закономерно снижается. У пушицевого торфа высо-

Характеристика углеводного комплекса верховых видов торфа

Вид торфа	Степень раз- ложения тор- фа, %	Содержание РВ, % ОВ		РВ ЛГ/РВ ТГ	Количество пентоз, % от суммы ЛГ уг- леводов	Состав легкогидролизуемых углеводов, % на ОВ							сумма мо- носахари- дов
		ЛГ	ТГ			ксилоза	арабиноза	манноза	рамноза	галактоза	глицерол	рибоза	
Медиум-торф*	5—10	25,0	21,5	1,2:1	42,2	5,2	1,6	1,4	1,0	4,5	5,1	сл.	18,8
	15—20	21,6	21,6	1:1	46,5	3,4	1,6	0,9	1,3	2,8	3,5	—	13,5
	25—30	15,0	15,2	1:1	47,5	5,7	0,9	0,4	—	2,4	3,7	—	13,1
Фускум-торф	5—10	24,6	21,3	1,1:1	45,3	4,4	1,0	2,6	1,6	7,2	7,0	0,7	24,5
	20—30	19,0	18,8	1:1	37,2	4,0	0,6	2,4	0,9	5,1	6,5	сл.	19,5
Куспидатум-торф*	5—15	15,0	38,5	0,4:1	42,8	1,8	0,6	0,3	0,1	2,5	0,6	—	5,9
Сфагновый с пушицей	10—15	18,7	21,1	0,9:1	41,5	3,0	0,5	0,7	1,0	2,6	2,7	—	10,5
Пушицево-сфагновый	15	14,8	18,0	0,8:1	40,5	2,7	0,5	0,7	0,7	1,6	3,1	—	9,3
	25	18,4	19,9	0,9:1	40,3	3,8	0,2	0,9	1,0	3,2	3,3	—	12,4
Пушицевый*	20—25	8,6	12,6	0,7:1	25,6	2,0	0,2	—	—	0,4	6,0	—	8,6
	40	6,0	5,6	1,1:1	45,7	2,2	0,5	—	—	0,1	3,1	—	5,9
	55	4,8	2,5	1,9:1	6,2	0,2	0,1	—	—	сл.	4,5	—	4,8
Шейхцериевый*	5—10	26,6	21,2	1,2:1	37,6	5,0	1,7	0,6	сл.	6,0	4,5	—	17,8
	20	24,8	20,3	1,2:1	38,5	5,6	0,6	1,0	сл.	5,7	3,2	—	16,1
	30	18,7	19,8	0,9:1	43,6	3,5	1,4	сл.	сл.	2,5	3,6	—	11,0

Таблица 10

## Характеристика углеводного комплекса низинных видов торфа

Виды торфа	Степень раз- ложения, %	Содержание РВ, % на ОВ		РВ ЛГ/РВ ТГ	Количество пентоз, % от суммы ЛГ уг- леводов	Содержание легкогидролизуемых углеводов, % на ОВ							
		ЛГ	ТГ			ксилоза	арабиноза	манноза	рамноза	галактоза	глюкоза	рибоза	сумма мо- носахари- дов
Гипновый	10	7,4	2,1	3,5:1	57,7	2,2	1,9	0,4	—	1,0	1,6	—	7,1
Осоково-гипновые	10—20	11,6	3,5	3,3:1	59,2	2,3	1,7	1,0	0,6	1,1	1,9	0,6	9,2
	20—25	15,7	3,1	5,1:1	65,0	2,9	3,0	0,7	0,7	1,4	1,5	0,4	10,6
	25—30	15,4	—	—	66,0	2,7	2,6	—	0,8	1,5	1,4	0,1	9,1
Осоковые	30—35	12,1	—	—	64,8	2,5	0,4	0,5	0,6	1,2	1,4	0,2	8,8
	40—45	14,3	2,1	6,8:1	67,3	1,4	2,2	0,1	0,6	0,8	1,4	—	6,5
	20—25	11,8	3,8	3,1:1	66,7	2,0	0,6	0,4	0,4	1,0	0,8	1,4	6,6
Тростниковые	35—40	10,4	1,3	8,0:1	67,3	1,4	1,5	0,1	0,3	0,3	1,5	0,1	5,2
	45—55	7,9	0,9	8,8:1	66,8	1,1	1,2	—	0,4	0,5	0,6	—	3,8
	35—40	8,2	3,4	2,4:1	63,1	1,0	1,7	—	0,4	0,6	1,0	0,1	4,8
Древесные	45—55	7,2	3,8	1,9:1	56,0	0,8	1,3	0,3	0,3	0,6	0,8	—	4,1



кой степени разложения, как и у низинных видов торфа, содержание РВ составляет только 7—12% на ОВ.

В составе гемицеллюлоз верховых торфов преобладают гексозы, а количество пентоз достигает 37—47% от суммы моносахаридов в солянокислых гидролизатах. С увеличением степени разложения торфа содержание пентоз имеет тенденцию к снижению, что еще раз подтверждает высокую активность пентоз в образовании биохимически устойчивых гумусовых веществ в процессе генезиса торфа.

Сведения об углеводном составе низинных видов торфа в отличие от верховых немногочисленны [38]. Проведенные исследования по превращению торфа и его компонентов в процессе саморазогревания при хранении позволили авторам накопить большой экспериментальный материал о составе углеводов в торфах низинного типа [3]. Исследовались главным образом торфа низинного типа травяной группы (осоковый и тростниковый), древесной и древесно-травяной группы (древесный, древесно-осоковый и древесно-тростниковый), а также ряд образцов моховой (гипновый) и травяно-моховой группы (осоково-гипновый). Анализ экспериментального материала (табл. 10) свидетельствует о том, что низинные виды торфа беднее углеводами, чем верховые. Содержание легкогидролизуемых полисахаридов уменьшается при переходе от торфов травяной группы к древесным, а внутри каждой группы — по мере увеличения степени разложения. Количество трудногидролизуемых РВ в низинных торфах в несколько раз ниже, чем в верховых, и также снижается по мере увеличения степени разложения. В составе гемицеллюлоз низинных торфов преобладают пентозные сахара.

Осоковый торф отличается повышенным количеством гемицеллюлоз и высоким содержанием наиболее реакционноспособных моносахаридов — ксилозы и галактозы. Более высокое содержание сахаров и в их составе пентоз наряду с повышенным количеством наиболее реакционноспособных аминокислот в низинных торфах травяной группы, особенно осоковых, предопределяет интенсивное протекание микробиологических и химических процессов и также повышенную склонность этих видов торфа к саморазогреванию при хранении.

ОБ АКТИВИЗАЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ  
НИЗИННОГО ТОРФА В ПРОЦЕССЕ  
ЕГО САМОРАЗОГРЕВАНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ  
ПОДВИЖНЫХ ФОРМ АЗОТА  
ПРИ ХРАНЕНИИ ТОРФА

Как уже указывалось выше, торф в сельском хозяйстве в основном используется для приготовления торфяных удобрений и компостов. В условиях же Белоруссии, особенно на легких песчаных почвах, фрезерный торф часто вносится на поля в чистом виде без предварительного компостирования. Одно из главных богатств торфа — азот, запасы которого в низинных видах достигают 35 кг/т АСВ, мало доступен растениям. Поэтому важнейшей задачей рационального использования торфа как органического удобрения является активизация его азота. Это представляет значительный интерес, так как расчеты баланса азота, представленные в работах [2, 47], показали, что к 1980 г. дефицит азота в земледелии Советского Союза будет сохраняться.

Известно, что температура и водяной пар способствуют деструкции азотсодержащих соединений твердого топлива с образованием аммиака, выход которого достигает 60% от азота торфа [48]. Как показали исследования [49—55 и др.], обработка торфа острым паром в течение 30—45 мин повышает содержание аммиачного азота до 0,3—0,7% на ОВ. Длительное прогревание торфа при температуре 60 °С также способствует накоплению аммиачного азота, количество которого повышается до 0,05—0,1% на ОВ. Подвергнутый такой обработке торф — ценное азотное удобрение и не уступает по качеству стойловому навозу [50].

Повышенная температура и микробиологическая деятельность при хранении — факторы, способствующие накоплению подвижных форм азота в торфе [52—57 и др.], что используется для повышения удобрительной ценности последнего [58]. В работах [59—65] сообщает-

ся, что в торфе, подвергшемся саморазогреванию при хранении, под влиянием биотермических факторов содержание аммиачного азота повышается до 0,1—0,6% на ОВ. Максимальный рост подвижных форм азота наблюдается на глубине 0,5—0,7 м от поверхности.

Вегетационные и полевые опыты, проведенные во Всесоюзном научно-исследовательском институте удобрений и агропочвоведения, а также в других организациях, показали, что торф, подвергшийся саморазогреванию в штабеле до 60—70 °С и используемый в качестве азотного удобрения, на фоне фосфорно-калийных туков дает значительную прибавку урожая по сравнению с неразогревавшимся [49, 51, 55, 58—63, 66—70 и др.]. Аммиачный и легкогидролизуемый азот, накапливающийся в процессе саморазогревания, в первый год внесения усваивается растениями на 75—86%, что обеспечивает увеличение урожая на 20—25% [1, 71]. Результаты производственной проверки и расчеты экономической эффективности применения саморазогревающегося торфа совместно с фосфорно-калийными удобрениями указывают на целесообразность широкого использования такого торфа в колхозах и совхозах республики [72].

К сожалению, в большинстве случаев результаты исследований базируются на данных анализа единичных проб и недостаточно увязаны с ботаническими и химическими характеристиками торфа, температурным режимом, влажностью и т. д. В частности, в рекомендациях по рациональному использованию земель и удобрений в Белоруссии [72] предусматривается применять любой низинный торф, содержащий не более 25% золы. Проведенные лабораторные и модельные опыты по выявлению роли отдельных факторов, главным образом температуры в интервале 5—60 °С, согласуются с представлениями о решающем значении микробиологической деятельности, но методика этих опытов значительно отличается от условий хранения торфа в штабеле (закрытые эксикаторы) [54, 55]. В опыте Б. Ф. Сергеева с сотрудниками [73] изучалось изменение содержания общего азота и аммиака при трехмесячном хранении торфа в широком диапазоне температур (60—105 °С) и влажности (20—80%). Однако условия проведения опытов (большая поверхность испарения, аэрация при ежедневном переме-

шивании, постоянный доступ воздуха) не соответствуют условиям хранения торфа в штабеле. С. И. Перлиным [68, 69] был поставлен специальный опыт по исследованию влияния вида торфа, влажности и добавки минеральных удобрений на мобилизацию азота и потери органического вещества за счет саморазогревания при хранении. Торф хранился в железных цилиндрах и в мешочках из воздухо непроницаемой синтетической ткани, т. е. условия его хранения были другими, чем в штабеле. Этим самым была снижена ценность проведенной работы.

Механизм превращения азотсодержащих веществ с образованием аммиака под воздействием микробиологических и термических факторов почти не изучался. В работе Л. Р. Пивоварова, В. Г. Котлюба и Л. И. Вульфа [59] высказывается предположение о возможности биологической фиксации азота за счет микробиологической деятельности. Другие исследователи [56, 57, 59, 73] основное место отводят химическим процессам. И. П. Мамченков, З. Д. Озолина и Г. М. Блинова [49] считают, что в легкоподвижную форму азот переходит вначале в результате гидролиза. В дальнейшем наблюдаются не только химические процессы, но и биологическая дезагрегация азотсодержащих соединений под воздействием микроорганизмов, развивающихся на продуктах гидролиза. Имеются лишь отдельные сведения об изменении различных форм азота в процессе саморазогревания [56]. Наиболее подробные сведения об изменении отдельных форм азота в процессе хранения топливного торфа приведены в [3]. Здесь показано, что основным источником образования аммиака при интенсивном саморазогревании торфа является аминный азот.

Вместе с тем анализ ранее выполненных исследований свидетельствует о том, что имеющиеся материалы не позволяют оценить влияние отдельных факторов на активизацию азота торфа. Тщательное изучение роли химического состава торфа, а также условий его добычи и хранения дадут возможность выявить наиболее подходящие виды и разработать методы заготовки торфа, обеспечивающие максимальное накопление легкоусвояемых форм азота в период хранения, т. е. позволяет повысить качество торфа как удобрения.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ  
АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ  
В ИНТЕНСИВНО РАЗОГРЕВАЮЩЕМСЯ ТОРФЕ

Наблюдения за изменением химического состава торфа в зависимости от его вида, температуры разогревания и продолжительности хранения в опытных штабелях, проведенные на торфопредприятиях «Чистик», «Светлогорское» и «Смолевичское», дали возможность выявить основные закономерности превращения азотсодержащих соединений при хранении топливного торфа. Опытные штабеля высотой 6—7 м из торфа производственной влажности 40—45% закладывали одновременно в июле и хранили в течение 8—10 месяцев. Во время закладки штабелей отбирали среднюю пробу торфа весом 0,5—0,8 т. Торф из этой пробы (2—3 кг) помещали в мешочки из пористой стеклоткани, которые закладывали по центру штабеля на глубине 1,0—1,5, 2,5—3,0 и 4,0—5,0 м от конька. Для дистанционного наблюдения за температурным режимом в каждую пробу помещали термодатчики. В каждом штабеле пробы закладывали в несколько сечений на расстоянии около 2 м друг от друга, отбор из которых производился в разные сроки.

Как видно из табл. 11, в опытах были использованы богатые азотом низинные виды торфа: осоковый, древесно-осоковый, древесно-тростниковый и древесный — типичные для торфяных месторождений Белоруссии. Ботаническая и химическая характеристика этих видов торфа дана в табл. 4 и 5.

В исходном торфе и пробах, хранившихся в штабелях, определяли потери органического вещества, кислотность, содержание общего и аммиачного азота, свободных и связанных кислот, аминокислот, гуминовых веществ и углеводов. Потери органического вещества устанавливали путем прямого взвешивания проб [74, 75]. Кислотность определяли в водной вытяжке на потенциометре ЛПУ-01, общий азот — полумикрометодом Кьельдаля [23], аммиачный азот — колориметрически в солянокислой вытяжке [76], общее содержание и групповой состав кислот — в водной вытяжке, полученной при обработке торфа водой на кипящей водяной бане в течение 4 ч (модуль 1 : 25). Содержание свободных кислот находили прямым титрованием 0,02 н. раствором NaOH в присут-

Характеристика торфа в опытных штабелях

Торфопредприятие, место закладки опыта	Номер штабеля	Год закладки опыта	Влажность, %	Зольность, % на сухое вещество	Вид торфа	Степень раз- ложения, %	Общий азот, % на ОВ
«Чистик», площад- ка 17	1	1966	46,5	6,3	Осоковый	25—30	3,58
«Светлогорское», поле 32	2	1967	44,0	9,1	Древесно-осо- ковый	35—40	3,34
«Светлогорское», поле 33	3	1967	39,3	14,1	Древесно- тростниковый	50	3,35
«Смолевичское», площадка 17	4	1971	48,5	6,0	Осоковый	25	3,18
«Смолевичское», площадка 22	5	1968	43,1	12,8	Древесно- тростниковый	45	3,39

ствии фенолфталеина; кислоты, связанные в виде аммиачных солей, титровали после добавки формалина, вступившего в реакцию с аммиаком; летучие кислоты отгоняли с водяным паром из подкисленной водной вытяжки. Гуминовые вещества извлекали 0,02 н. раствором NaOH фракционно вначале при 20 °С, а затем при 80 °С, при анализе осокового торфа торфопредприятия «Чистик» выделяли сумму гуминовых кислот при 80 °С.

В период хранения торф разогревался неодинаково. В штабелях 1—4 процесс саморазогревания происходил интенсивно. Максимальная температура в штабеле 1 — 80—84 °С, в штабеле 3 — 79 °С, в штабеле 2 — 76 °С, в штабеле 4 — 77 °С. В штабеле 5 температура не поднималась выше 67 °С. Самая высокая температура наблюдалась в зоне, расположенной на расстоянии 1—3 м от поверхности (табл. 12).

Проведенные опыты показали, что в процессе саморазогревания при хранении изменения в химическом составе торфа и потери органического вещества зависят главным образом от температуры разогревания и в меньшей мере от продолжительности хранения. При температуре до 70—75 °С потери органического вещества и изменения в торфе были невелики — отмечено небольшое повышение рН, что связано с накоплением аммиака,

Образование его в этом случае происходило, по-видимому, в результате микробиологического разложения гуминовых веществ, выход которых несколько снижался [77, 78].

Интенсивное саморазогревание при температуре 75 °С и особенно выше, т. е. в области химических превращений, приводило к значительным изменениям в торфе и увеличению потерь органического вещества. В этом интервале выявлено резкое снижение рН и влажности, что согласуется с литературными данными [3, 79, 80]. Подкисление торфа связано с накоплением в нем органических кислот, содержание которых в зависимости от состава исходного торфа достигало 1,2—4,0% на ОВ. Повышалось содержание общего азота и аммиака, причем количество последнего достигало 0,7% на ОВ. При интенсивном саморазогревании выход гуминовых веществ также возрастал.

Для расшифровки механизма превращений, происходящих в интенсивно разогреваемом торфе, было проведено исследование индивидуального состава углеводного комплекса, аминокислот, гидролизующихся 20%-ной соляной кислотой, органических кислот, а также фракционного состава гуминовых кислот в исходном и разогреваемом торфах.

Изучение индивидуального состава моносахаридов в водной вытяжке (до и после инверсии), а также в гидролизатах, полученных при последовательной обработке торфа 2%-ной соляной и 72%-ной серной кислотой [81], показало, что в процессе саморазогревания в области температур, характерных для интенсивной микробиологической деятельности, и при дальнейшем повышении температуры в штабеле до 70—75 °С изменения в углеводном комплексе были невелики (рис. 5). Значительные потери углеводов наблюдались лишь при разогревании выше 75 °С за счет химических превращений. При хранении осокового торфа в течение 8 месяцев с максимальной температурой разогревания 84 °С общее содержание углеводов снизилось от 17,3 до 5,7%, т. е. на 67% от первоначального содержания, в то время как при температуре 60 °С за тот же срок потери углеводов не превышали 10%. Аналогичным образом изменялось содержание углеводов в древесно-осоковом (штабель 2) и древеснотростниковом (штабель 3) торфах.

Изменение рН, содержания общего и аммиачного азота, кислот и гуминовых веществ при хранении торфа

Продолжительность хранения, мес.	Номер пробы	Глубина закладки, м	Максимальная температура разогревания, °С	Влажность, %	Потери органического вещества, %	рН водной вытяжки	Содержание, % на ОВ						
							азот		органические кислоты в пересчете на щавелевую		гуминовые вещества	гуминовые кислоты	фульвокислоты (по разности)
							общий	аммиачный	сумма	в том числе свободные			
<i>«Чистик», штабель 1</i>													
Исходная	—	—	—	46,6	—	6,1	3,58	0,06	0,08	0,05	23,7	15,2	13,5
4	—	5,0	56	49,1	—	6,5	3,71	0,10	0,21	0,07	27,7	14,4	13,3
4	—	3,0	72	47,9	—	6,0	3,70	0,17	0,46	0,22	24,7	10,8	13,9
4	—	1,5	80	9,0	—	5,4	4,16	0,54	4,06	1,80	43,2	27,7	15,9
8	—	5,0	60	51,2	—	6,5	3,56	—	0,42	0,17	14,3	8,0	6,3
8	—	3,0	77	44,6	—	4,7	4,22	0,70	3,96	2,28	23,2	16,5	6,7
8	—	1,5	84	20,4	—	4,3	4,33	0,67	3,72	2,18	33,8	26,1	7,6
<i>«Светлогорское», штабель 2</i>													
Исходная	135	—	—	44,0	—	5,4	3,34	0,05	0,11	0,08	—	—	—
2	102	2,0	67	42,1	2,3	5,7	3,33	—	0,21	0,06	—	—	—
2	107	1,0	67	33,0	1,8	6,0	3,40	—	0,30	0,12	—	—	—
4	105	2,0	75	29,6	6,6	4,9	3,32	0,42	0,90	0,31	—	—	—
4	104	1,0	70	34,5	—	5,5	3,50	—	0,38	0,14	—	—	—
8	109	4,0	65	62,5	2,9	6,0	3,32	—	0,35	0,04	—	—	—
8	103	4,0	71	58,0	—	6,3	3,41	0,30	0,35	0,11	—	—	—
8	108	2,0	76	25,1	11,4	4,3	3,60	0,62	1,21	0,75	—	—	—
8	101	1,0	75	60,4	9,8	6,2	3,64	—	0,44	0,18	—	—	—
10	106	4,0	65	60,0	4,5	—	3,64	—	0,29	0,08	—	—	—
<i>«Светлогорское», штабель 3</i>													
Исходная	134	—	—	39,3	—	5,4	3,35	0,06	0,07	0,05	45,0	33,6	6,4
2	127	4,0	51	39,7	—	5,4	3,44	—	0,10	0,10	—	—	—
2	126	2,0	74	37,1	—	5,7	3,39	—	0,21	0,08	—	—	—
2	125	1,0	72	33,3	2,7	5,7	3,51	—	0,24	0,07	—	—	—
4	130	4,0	69	40,1	1,5	5,5	3,52	—	0,20	0,06	43,4	37,4	6,0
4	129	2,0	79	14,6	8,3	4,5	3,60	0,42	1,30	0,76	49,9	43,1	6,8
4	123	1,0	75	32,2	4,2	5,4	3,47	—	0,50	0,22	—	—	—
8	133	4,0	71	40,6	2,2	6,0	3,55	0,28	0,32	0,11	37,6	33,6	4,0
8	122	2,0	79	15,3	10,1	4,5	3,84	0,52	0,90	0,59	53,9	44,8	9,1
8	131	1,0	75	51,9	7,0	5,3	3,66	—	0,38	0,18	—	—	—
10	—	—	79	8,1	13,0	4,6	3,98	0,35	1,20	0,78	42,8	39,0	3,8
<i>«Смолевичское», штабель 5</i>													
Исходная	59	—	—	42,6	—	—	3,39	0,07	—	—	—	—	—
5	2	1,0	67	41,3	—	—	3,36	0,17	—	—	—	—	—
5	4	1,0	58	42,1	—	—	3,56	0,14	—	—	—	—	—
5	6	2,5	47	44,3	—	—	3,30	0,11	—	—	—	—	—
5	8	4,0	51	43,3	—	—	3,60	0,12	—	—	—	—	—
8	10	1,0	62	36,1	3,8	—	3,60	0,16	—	—	—	—	—
8	12	1,0	60	40,4	3,8	—	3,59	0,14	—	—	—	—	—
8	14	2,5	48	42,2	2,6	—	3,39	0,12	—	—	—	—	—
8	16	4,0	52	42,9	—	—	3,46	0,13	—	—	—	—	—



Результаты проведенных нами исследований и другие опубликованные работы указывают на решающее влияние температуры в химических превращениях торфа при хранении [3, 80, 82—84].

В связи с высокой активностью моносахаридов в химических реакциях, протекающих в интенсивно разогреваемом штабеле, было изучено влияние температуры на распад легкогидролизуемых полисахаридов в низинных видах торфа (осоковый, тростниковый и древесный), отобранных на торфопредприятии «Смолевичское» в

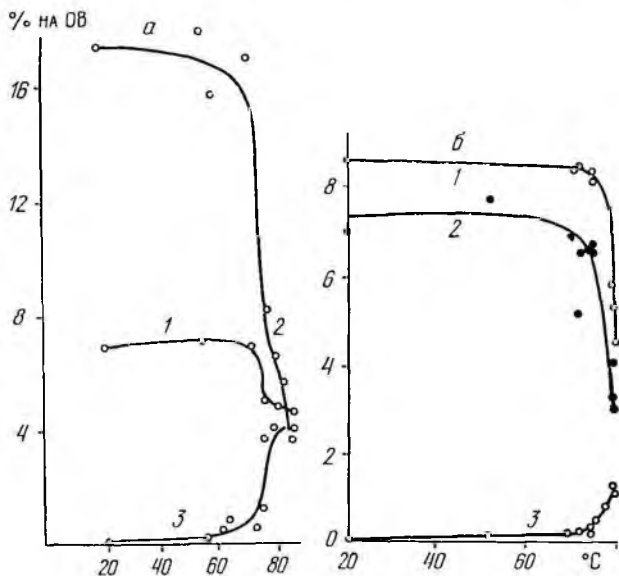


Рис. 5. Изменение содержания углеводов, аминокислот и органических кислот в зависимости от температуры разогревания торфа (*а* — торф осоковый, штабель 1; *б* — торф древесно-тростниковый, штабель 3): 1 — аминокислоты; 2 — углеводы; 3 — органические кислоты

1969 г. (табл. 4—7). В проведенных опытах методом ступенчатого гидролиза [85, 86] исследовали влияние температуры в интервале 50—100 °С на скорость образования моносахаридов при обработке торфа 2%-ной соляной кислотой.

Анализ графического материала, представленного на рис. 6, показывает, что при температуре 50—70 °С и да-

же 75 °С гидролиз гемицеллюлоз происходит очень медленно и редуцирующие вещества (2—4% на ОВ) переходят в раствор только в результате полного гидролиза в течение 4 ч. Это свидетельствует о том, что в указанном интервале температур термоустойчивость углеводного комплекса достаточно велика даже у склонного к саморазогреванию осокового торфа. С повышением температуры до 80 °С термоустойчивость полисахаридов резко снижается, вследствие чего усиливается их гидролиз, и содержание редуцирующих веществ в гидролизате быст-

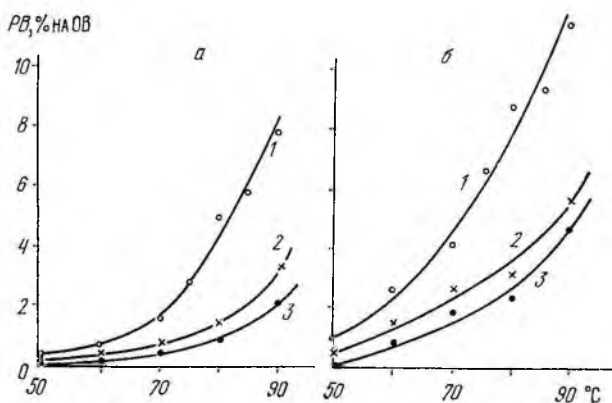


Рис. 6. Влияние температуры на гидролиз гемицеллюлоз (а — продолжительность 30 мин, б — 4 ч) в различных видах торфа: 1, 2, 3 — осоковом, тростниковом, древесном соответственно

ро возрастает, особенно у осокового торфа. У последнего за первые 30 мин в раствор переходит более 5% РВ, или около 40% от их общего содержания.

Таким образом, при хранении торфа в штабелях температура 70—75 °С является критической, дальнейшее саморазогревание сопровождается термогидролизом полисахаридов и накоплением реакционных моносахаридов, что приводит к образованию пирофорного продукта и самовозгоранию.

Исследование состава моносахаридов в отдельных гидролизатах торфа из опытных штабелей показало, что под воздействием температуры 75 °С и выше происходит

дезагрегация легкогидролизуемых и отчасти трудногидролизуемых полисахаридов до воднорастворимых соединений — олиго- и моносахаридов. Образующиеся моносахариды, особенно пентозы, активно участвуют в происходящих химических реакциях, что приводит к общему снижению количества углеводов в торфе.

Органические кислоты, содержание которых в интенсивно разогреваемом штабеле при температуре выше  $75^{\circ}\text{C}$  сильно возрастает, являются продуктами окисления углеводов. На рис. 5 хорошо видна обратная зависимость между изменениями содержания углеводов и суммы кислот в торфе при хранении. Количество кислот, образующихся при разогревании, пропорционально содержанию углеводов в исходном торфе.

Исследование индивидуального состава кислот методом бумажной хроматографии показало, что в составе летучих присутствовали только муравьиная и уксусная, в составе нелетучих преобладали фумаровая, малеиновая, янтарная, молочная, глутаровая и щавелевая [82, 87]. Интересно отметить, что некоторые из них (янтарная, малеиновая, глутаровая и фумаровая) известны как физиологически активные вещества, стимулирующие развитие растений [88, 89].

Изменение содержания  $\alpha$ -аминокислот и отдельных форм азота так же, как и изменение углеводного комплекса, зависело от температуры разогревания торфа (см. рис. 5, табл. 13). Резкое снижение  $\alpha$ -аминокислот происходило при температуре выше  $75^{\circ}\text{C}$  и было обусловлено химическими превращениями. За 8 месяцев хранения при разогревании выше  $75^{\circ}\text{C}$  содержание аминокислот в осоковом торфе снизилось с 7,0 до 4,8, в древесно-осоковом — с 9,8 до 5,4, в древесно-тростниковом — с 8,6 до 5,4%. При температуре  $65\text{—}72^{\circ}\text{C}$  за тот же срок хранения сумма аминокислот в древесно-осоковом торфе уменьшилась до 9,1—8,6%, а в древесно-тростниковом — до 8,4—8,2%.

Для выяснения роли аминокислот в образовании новых азотсодержащих соединений при саморазогревании было изучено изменение содержания отдельных форм азота в разогреваемом торфе, а методом Инсторфа — изменение группового состава веществ, негидролизуемых 20%-ной соляной кислотой, и распределение азота между ними [3]. Как видно из табл. 13, химические реакции

## Групповой состав и распределение азота в продуктах гидролиза торфа 20%-ной соляной кислотой

Максимальная температура разогривания, °С	Выход, % на ОВ				Азот торфа с учетом потерь ОВ, %	Содержание, % к азоту торфа							
	остаток после гидролиза	в том числе				азот, Гидролизуемый НС I				азот в соединениях, негидролизуемых НС I			
		гуминовые кислоты	фульвокислоты (по разности)	лигнино-целлюлозный остаток		аминный	аммиачный	неидентифицированный (по разности)	всего	в гуминовых кислотах	в фульвокислотах (по разности)	в лигнино-целлюлозном остатке	всего

## «Светлогорское», штабель 2

Исходный	60,0	26,2	8,0	25,8	3,34	35,6	1,5	31,8	63,9	18,9	1,4	10,8	31,1
75	61,0	35,0	7,9	18,1	3,36	26,0	12,4	21,3	59,7	26,4	2,5	11,4	40,3
76	63,5	37,6	8,3	17,6	3,18	22,7	17,1	11,5	51,3	28,6	7,2	12,9	48,7

## «Светлогорское», штабель 3

Исходный	60,7	32,0	7,5	21,2	3,35	33,7	1,8	39,5	75,0	18,5	0,5	6,0	25,0
79	64,7	37,1	8,5	19,1	3,30	28,4	11,5	21,7	61,6	24,4	2,9	11,1	38,4
79*	71,2	35,2	9,0	27,0	3,46	18,0	8,8	23,5	50,3	28,6	6,5	14,6	49,7

\* Из очага самовозгорания.

Таблица 14

Изменение выхода и характеристика гуминовых кислот при хранении осокового торфа в штабеле 4

Номер пробы	Продолжительность хранения, мес.	Глубина при отборе, м	Максимальная температура разогревания, °С	Потери органического вещества, %	Номер фракции	Содержание, % на ОВ	Характеристика гуминовых кислот					Содержание мг-экв/г ОВ [92]	
							азот, % на ОВ		содержание гидролизующихся, % на ОВ			фенольных гидроксидов	карбонильных групп
							общий	в остатке после гидролиза 20%-ной HCl	2%-ной HCl	20%-ной HCl	сумма		
345	Исходный торф	—	—	—	1	17,8	3,06	1,21	21,5	8,9	30,4	1,48	3,02
					2	17,2	3,71	1,16	27,4	9,1	36,5	0,63	2,52
252	7	4,0	49	4,5	1	13,1	2,98	1,46	17,7	9,1	26,8	1,62	3,48
					2	21,9	3,49	1,52	20,5	14,5	35,0	0,98	2,77
246	7	1,1	74	8,0	1	19,8	3,46	2,34	12,3	8,8	21,1	1,99	3,32
					2	13,0	3,65	1,96	12,9	10,3	23,2	1,62	2,79
247	7	1,1	77	11,0	1	31,6	3,85	2,52	9,1	10,1	19,2	2,40	3,48
					2	9,8	3,35	1,92	9,5	10,4	19,9	2,00	2,11

в интенсивно разогреваемом торфе приводят к общему увеличению выхода веществ, негидролизующихся 20%-ной соляной кислотой, главным образом за счет фракции, растворимой в щелочи. Сопоставление материалов табл. 11 и 13 показывает, что хотя общее содержание азота в торфе при интенсивном разогревании возрастает, однако после пересчета с учетом потерь органического вещества видно, что это увеличение относительное. В процессе саморазогревания азот практически целиком оставался в торфе, но наблюдалось превращение гидролизующихся форм (количество которых уменьшалось с 69—75 до 50—51%) в негидролизующиеся, выход последних увеличился с 25—31 до 49—50%. Несмотря на то что аминный азот частично превращался в аммиак, количество которого возрастало с 1,5 до 11—17% от азота торфа, общее содержание гидролизующихся форм азота падало. Увеличение негидролизующихся азотсодержащих соединений наблюдалось за счет растворимых в щелочи фракций, главным образом осаждаемых в кислой среде гуминовых кислот.

Исследование гуминовых кислот, выделенных из интенсивно разогревавшегося осокового торфа (табл. 14), подтверждает образование щелочнорасторжимых фракций, а также накопление в них азотсодержащих соединений, негидролизующихся 20%-ной соляной кислотой. Увеличение выхода гуминовых кислот происходит за счет фракции, выделяемой щелочью при 20 °С, обогащенной кислыми кислородсодержащими группами, обеспечивающими повышенную подвижность гуминовых кислот [78, 90].

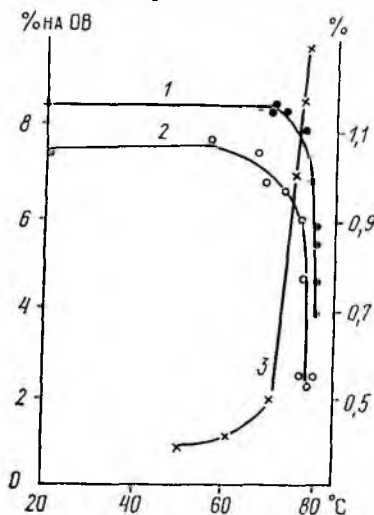
Наличие общих закономерностей в изменении содержания углеводов и аминокислот, а также образование при этом карбоновых кислот, аммиака и растворимых в щелочи веществ, обогащенных азотсодержащими соединениями, негидролизующими 20%-ной соляной кислотой, свидетельствует об интенсивно текущей реакции меланоидинообразования. Известно, что Майяр [8] отводит большую роль этой реакции при созревании перегноя и навоза, а М. М. Кононова считает возможным образование гумусовых веществ типа меланоидинов в почвенных условиях [91].

Сопоставление результатов проведенных нами исследований позволило выявить взаимосвязь между измене-

ниями в составе углеводов и аминокислот и потерями органического вещества (рис. 7). Кривая потерь органического вещества зеркально отображает изменения в содержании аминокислот и углеводов. Это указывает на то, что до определенной стадии процесса саморазогревания потери органического вещества обусловлены выделением низкомолекулярных летучих продуктов взаимодействия между углеводами и аминокислотами, основные из которых — вода и небольшое количество двуокси углерода [93, 94].

Данные об элементном анализе, свидетельствующие о накоплении углерода и снижении водорода при хранении торфа, также подтверждают установленную закономерность [3, 95].

Рис. 7. Изменение содержания аминокислот и углеводов (% на ОВ) и потери органического вещества (% за месяц хранения) в зависимости от температуры разогревания торфа: 1 — аминокислоты; 2 — углеводы; 3 — потери органического вещества



Таким образом, решающим фактором, ответственным за активизацию питательных веществ торфа, является температура разогревания, а также продолжительность хранения при этой температуре. В процессе интенсивного саморазогревания обогащение низинного торфа углеродом, аммиаком, биологически активными гуминовыми и органическими кислотами происходит главным образом за счет химического взаимодействия между аминокислотами и углеводным комплексом торфа по меланоидиновой реакции и сходно с процессами, протекающими при созревании перегноя, навоза и образовании гумусовых веществ почвы.

## НАКОПЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ АЗОТА ПРИ ХРАНЕНИИ ТОРФА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ШТАБЕЛЯХ

Для выявления параметров, влияющих на мобилизацию азота торфа, были проведены по единой методике систематические многолетние наблюдения за накоплением подвижных форм азота в производственных штабелях наиболее распространенных видов торфа, а также выполнены модельные опыты по изучению влияния условий хранения на образование подвижных форм азота в торфах различного ботанического состава. В отличие от ранее проведенных работ наши исследования включали подробную химическую характеристику азотсодержащих соединений исходных торфов, а также освещали изменения отдельных форм азота в процессе хранения.

### Влияние температуры и аэрации на образование аммиака при хранении различных видов торфа

В 1971—1973 гг. на торфопредприятии «Смолевичское» был заложен модельный опыт, цель которого — изучение образования аммиачного азота в трех видах низинного торфа (осокового, тростникового и древесного) при хранении в одинаковых условиях. Исходные виды торфа при высоком содержании общего азота мало различались по количеству аммиака, но аминного азота в осоковом торфе было в 1,5 раза больше, чем в тростниковом, и в 2 раза больше, чем в древесном (табл. 15). В конце июля 1971 г. пробы торфа в мешочках из пористой стеклоткани, снабженные термисторами для контроля температуры, были размещены в двух сечениях производственного штабеля на расстоянии друг от друга по вертикали 1,5—2,0 м, по горизонтали 2 м. При этом в одной и той же точке помещали по одной пробе торфа каждого вида. Пробы отбирали через 4 (первое сечение) и 7 месяцев (второе сечение). При хранении самые высокие температуры (75 °С и выше) наблюдались на глубине 1—1,5 м под коньком и на расстоянии от конька по откосу до 4 м. На глубине 2—3 м от поверхности температура во время всего периода хранения колебалась около 60 °С, на глубине 4—5 м — около 50 °С.



Изменение содержания аммиачного азота при хранении различных видов торфа в одинаковых условиях в зависимости от температуры разогревания через 4 и 7 месяцев хранения показано на рис. 8.

Анализ полученных материалов свидетельствует о преобладающем значении температуры разогревания над продолжительностью хранения. Так, у осокового торфа при температуре 60—70°С увеличение продолжительности хранения от 4 до 7 месяцев привело к повышению содержания аммиака от 0,1—0,15 до 0,20% на АСВ. В то же время при температуре 80°С количество аммиачного азота в этом торфе уже через 4 месяца достигало 0,3% на АСВ. Повышенное количество аминного азота в осоковом торфе обеспечило при одинаковых условиях хранения более высокое содержание аммиака по сравнению с тростниковым и древесным видами торфа.

Таблица 15

**Характеристика различных видов торфа, хранившихся в одинаковых условиях**

Торф, степень разложения, %	W, %	А <sup>с</sup> , %	рН водн.	Азот, % на ОВ		Азот аммиачный, мг/100г АСВ
				общий	аминный	
Осоковый — 25	27,4	6,0	5,2	3,18	1,18	35
Тростниковый — 35	36,0	12,9	6,2	3,20	0,80	33
Древесный с тростником — 35	20,7	11,4	6,1	2,25	0,60	19

Одновременно с производственной проверкой способа торможения саморазогревания и самовозгорания торфа путем внутренней изоляции штабелей сырой торфяной крошкой или полиэтиленовой пленкой [96] были проведены наблюдения за мобилизацией азота при хранении торфа в различных условиях аэрации. Торможение процесса саморазогревания и предупреждение самовозгорания достигалось ограничением доступа воздуха в штабель в середине сезона. Опытные штабеля после достижения высоты 5 м покрывали изоляцией из полиэтиленовой пленки или торфяной крошки (влажность 65—70%, толщина слоя 30 см). Затем торф отсыпали на изоляцию в обычном порядке до окончания сезона добы-

чи. Контролем служили штабеля, расположенные на соседних картах.

Для наблюдения за мобилизацией азота пробы осокового, тростниково-осокового и пушицево-сфагнового торфов в мешочках из стеклоткани помещали в опытные штабеля под изоляцию и над ней, а также в контрольные штабеля. Постоянный контроль за температурой проводили с помощью помещенных в пробы термисторов. Характеристика торфа приведена в табл. 16, из которой видно, что осоковый торф отличался повышенным содер-

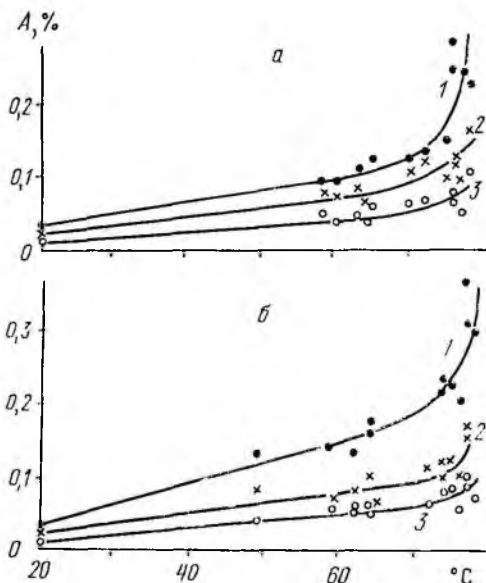


Рис. 8. Изменение содержания аммиачного азота (А, %) при хранении (а — 4 месяца, б — 7 месяцев) различных видов торфа в одинаковых условиях: 1, 2, 3 — осоковый, тростниковый, древесный торфа соответственно

жением общего и аминного азота по сравнению с тростниково-осоковым и пушицево-сфагновым.

Применение в качестве внутренней изоляции сырой торфяной крошки и полиэтиленовой пленки приводило к тому, что сразу же после изоляции температура под ней стабилизировалась, а затем снижалась. Максимальная

## Характеристика торфа, хранившегося в различных условиях аэрации

Торфопред- приятие	Торф, степень разложения, %	W, %	A <sup>c</sup> , %	Азот, % на ОВ		Азот ам- миачный, мг/100г АСВ
				общий	амин- ный	
«Радичево» «Смолзвич- ское», участ- ток 4, пло- щадка 21 «Смолзвич- ское», участ- ток 4, пло- щадка 20	Осоковый — 20	33,3	7,6	3,28	1,19	32
	Тростниково-осоко- вый — 25 — 30	37,7	13,2	2,45	0,81	49
	Пушицево-сфаг- новый — 20	40,7	16,8	2,02	0,72	48

температура торфа под изоляцией не превышала 60—65 °С. Увеличение температуры отмечено только над изоляцией на глубине 1,2—1,5 м в зоне шириной 0,3—0,4 м у конька и вдоль откосов примерно на 1/3 общей длины.

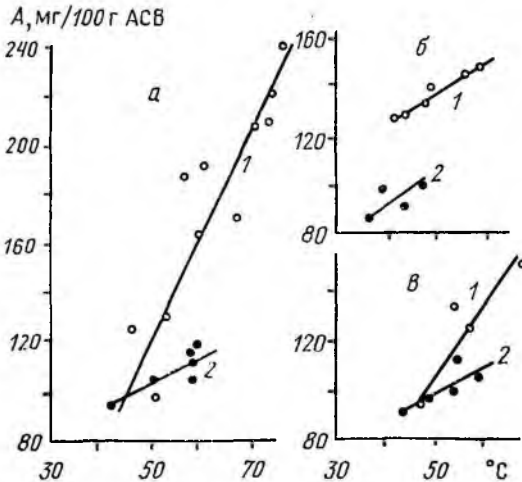


Рис. 9. Изменение содержания аммиачного азота (А, мг/100 г АСВ) в зависимости от температуры разогревания торфа при различных условиях аэрации (а — осоковый торф, продолжительность хранения 6 месяцев; б — тростниково-осоковый торф, продолжительность хранения 9 месяцев; в — пушицево-сфагновый торф, продолжительность хранения 9 месяцев): 1, 2 — пробы из открытых и изолированных штабелей соответственно

Пробы осокового торфа были извлечены из штабеля через шесть месяцев хранения, а тростниково-осокового и пушицево-сфагнового — через девять. В них было определено содержание аммиачного азота. Изменение последнего при хранении осокового, тростниково-осокового и пушицево-сфагнового торфов в зависимости от температуры разогревания при различных условиях аэрации показано на рис. 9. Анализ представленного графического материала подтверждает, что с повышением температуры разогревания содержание аммиачного азота во всех видах торфа увеличивается. При повышенном содержании аминного азота больше всего образуется аммиака в осоковом торфе. В условиях ограниченного доступа воздуха образование аммиака было замедленным, и у всех видов торфа аммиака было на 12—20% меньше, чем при тех же температурах в аэрируемой части штабеля.

Экспериментальные данные показывают, что накопление подвижных форм азота при хранении торфа зависит не только от температуры саморазогревания, но и от состава торфа и условий аэрации, что необходимо учитывать при разработке технологических приемов заготовки и использования торфа для нужд сельского хозяйства.

**Влияние ботанического состава,  
влажности, условий добычи  
и хранения торфа на образование  
подвижных форм азота**

Для выявления влияния ботанического состава, условий добычи и складирования на мобилизацию азота при хранении торфа в течение 1972—1974 гг. проводились систематические комплексные наблюдения за образованием усвояемых форм азота при хранении осокового, тростникового, древесно-тростникового и древесного видов торфа в производственных штабелях на предприятиях МТП БССР и торфоучастках объединения Белсельхозтехники [97, 98].

В настоящее время на предприятиях МТП БССР и торфоучастках Белсельхозтехники для нужд сельского хозяйства по одной и той же технологии современными торфодобывающими машинами заготавливается торф,

как правило, двух производственных влажностей: 40—45% — в качестве подстилки для животноводства и 55—60% — для компостирования и непосредственного внесения на поля. В отличие от торфопредприятий МТП БССР добыча торфа спецотделениями Белсельхозтехники производится обычно на участках площадью 20—100 га с небольшой глубиной залегания, продолжительность эксплуатации которых невелика. Так как на таких участках часто нет своих штабелюющих машин, окараванивание торфа производится нерегулярно, и торф длительное время хранится в крупных навалах. Для окараванивания спецотделения применяют также бульдозеры и торфопогрузчики.

Наблюдения велись за штабелями с различной производственной влажностью. Торф в эти штабеля добывался с одних и тех же площадей либо с близлежащих карт одного и того же ботанического состава на предприятиях «Чистик» и «Смолевичское» МТП БССР и торфоучастках «Заволочицы» и «Бабирово» Глусского района, «Смолянка» и «Петровичи» Бобруйского района Могилевского областного объединения Белсельхозтехники. Все обследованные штабеля имели, как правило, высоту 5—6 м, и лишь в отдельных случаях на торфоучастках Белсельхозтехники она составляла 3,5—4,0 м.

На подобранных участках в начале сезона добычи отбирали средние пробы залежи или фрезерного торфа из навалов, которые охарактеризовывали по ботаническому составу, зольности, рН водной и солевой вытяжек, содержанию общего и аммиачного азота (см. гл. 2). Во время добычи проводились наблюдения за ходом закладки, влажностью и температурой торфа в штабелях. После окончания сезона добычи штабеля разрезались окараванивающей машиной ОФ, и в отдельных точках разреза по определенной сетке измерялась температура, а в местах замера температуры отбирались пробы торфа. Для систематических наблюдений за температурой торфа в точках отбора проб в штабеля закладывали термисторы. Второй отбор проб проводили при вывозке в феврале—марте. Выполнены также разовые отборы проб торфа при вывозке производственных штабелей.

Замер температуры, закладку термисторов и отбор проб в штабелях осуществляли по следующей сетке: расстояние между линиями отбора — 2—3 м по откосу

штабеля, считая от конька, расстояние между точками отбора по каждой линии — 1 м. На отдельных линиях брали дополнительные пробы на расстоянии 0,5 м от поверхности штабеля. Всего в сечении в зависимости от размеров штабеля отбирали 10—20 проб. Примерная схема размещения пунктов замера температуры и отбора проб приведена на рис. 10. В отобранных пробах опре-

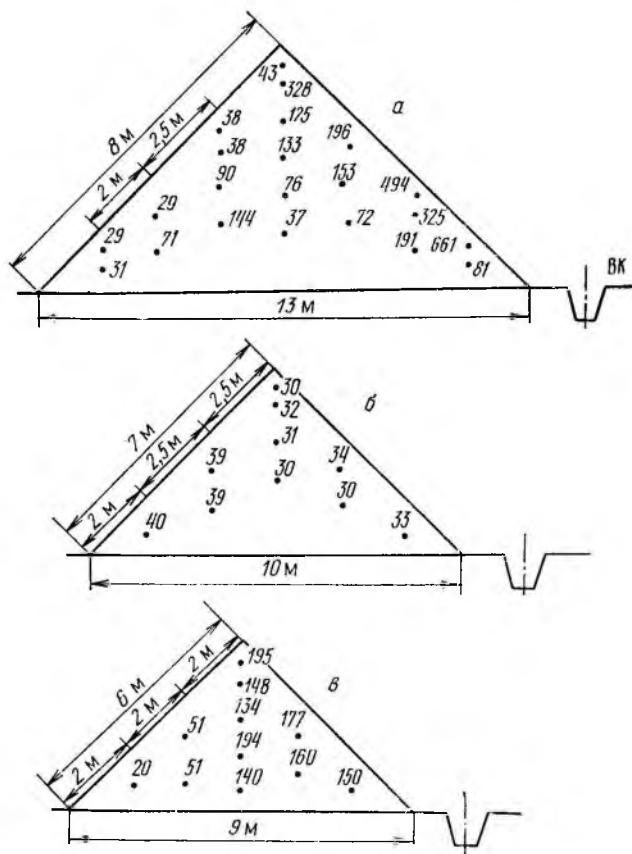


Рис. 10. Распределение аммиачного азота (мг/100 г АСВ) по сечению штабеля в торфе, добытом для сельскохозяйственного использования к моменту вывозки: а — осоковый торф, торфочасток «Смолянка», штабель 16; б — тростниковый торф, торфопредприятие «Чистик», штабель 2; в — тростниковый торф, торфочасток «Петровичи», штабель 16

деляли влажность, рН водной и солевой вытяжек, содержание аммиачного и нитратного азота по общепринятым методикам. Наблюдения велись за производственными штабелями осокового торфа степенью разложения от 20—25 до 35—40%, тростникового, древесно-тростникового и древесного степенью разложения 35—50% — всего более чем за 40 штабелями. Данные, характеризующие торф, приведены в табл. 4—7 (см. гл. 2). Зольность осокового торфа изменялась от 4,3 до 10,4%, а древесного, древесно-тростникового и тростникового — от 8,1 до 13,2% на АСВ. В двух штабелях тростникового торфа, добываемого на удобрение на торфопредприятии «Смолевичское», зольность была повышенной (20,5%) за счет вторичной золы, попавшей при прочистке картовых каналов. Повышение зольности древесного торфа отмечено на торфоучастке «Бабирово». Содержание общего азота колебалось в пределах 3,0—3,6% и только на торфопредприятии «Смолевичское» было несколько ниже — 2,5—2,9% на ОВ. Количество аммиачного азота — 10—25 мг/100 г АСВ, т. е. несколько меньше 1% от общего азота торфа, рН водной вытяжки — 5,6—6,5, рН солевой вытяжки — 4,7—5,9.

Во всех штабелях после окончания сезона добычи максимальное содержание аммиака отмечалось со стороны валового канала на расстоянии 0,5—1,0 м от поверхности в зоне интенсивного саморазогревания. С увеличением продолжительности хранения и заглублением зоны высоких температур в зимний период содержание аммиака к моменту вывозки повышалось на глубине 2 и даже 3 м от поверхности. Водная и солевая вытяжки из подвергшегося саморазогреванию низинного торфа имели близкую к нейтральной или слабокислую реакцию.

Имеющиеся данные о содержании аммиака в торфе при хранении чаще всего относятся к верхним слоям штабеля, где располагается зона интенсивного саморазогревания, и поэтому завышены [51, 52, 59, 64, 66 и др.]. Для истинной оценки содержания подвижного азота в штабеле вычисляли среднее из всех отобранных в сечении проб торфа. Средние значения влажности, температуры и содержания аммиака в момент отбора проб в обследованных штабелях осокового торфа показаны в табл. 17, тростникового, древесно-тростникового и древесного — в табл. 18.

Таблица 17

Среднее содержание аммиачного азота в производственных штабелях осокового торфа с различной влажностью

Торфопредприятие	Номер штабеля	Продолжительность хранения торфа к моменту отбора, мес.	В момент отбора			
			средняя влажность, %	средняя температура, °С	аммиачный азот	
					кг/100г АСВ	кг/100г ТНВ
«Чистик», площадка 13	1	1	45,8	61	118	64,0
	1	6	33,2	55	140	93,5
	2	1	64,3	38	66	23,6
	2	6	61,1	31	88	34,2
	3	2	22,9	59	76	58,6
«Чистик», площадка 17	4	8	39,5	39	121	73,2
	5	7	41,0	39	91	53,7
	6	7	44,6	45	105	58,2
	7	7	43,2	43	91	51,7
«Смолевичское», площадка 17	8	—	35,4	66	202	130,5
	8	4	31,8	70	275	187,6
	8	7	34,7	69	303	197,0
	9	—	53,6	37	58	24,0
	9	4	63,4	38	45	14,2
	10	1	49,0	50	90	45,9
	10	5	49,9	39	124	62,0
	10	7	54,0	35	133	61,2
	11	1	63,6	35	38	12,7
	11	5	69,7	31	23	7,1
	11	7	70,3	29	24	7,1
«Смолевичское», площадка 18	12	7	41,3	48	161	94,5
	13	7	45,0	57	228	125,4
«Смолевичское», площадка 20	14	—	51,1	55	133	65,0
	15	—	60,1	32	38	15,2
«Смолянка»	16	8	62,5	33	154	57,8
	16	17	67,2	28	121	39,7
	17	20	53,5	25	155	64,3
	18	32	71,5	6	31	8,8
	19	41	61,0	21	109	42,5
«Петровичи»	20	5	55,3	41	161	72,0

Обработка экспериментальных данных о наблюдении за производственными штабелями выявила, что образование аммиачного азота при хранении торфа зависит от интенсивности саморазогревания, которая обус-



Таблица 18

Среднее содержание аммиачного азота в производственных штабелях тростникового, древесно-тростникового и древесного торфов с различной влажностью

Торфопредприятие	Номер штабеля	Продолжительность хранения к моменту вывозки, мес.	Средняя влажность при отборе, %		Средняя температура отбора, °С		Среднее содержание аммиачного азота в штабеле в момент отбора			
			1	2	1	2	кг/100г АСВ		кг/100г ТНВ	
							1	2	1	2
<i>Тростниковый</i>										
«Чистик», площадка 22	1	6	49,3	47,8	31	36	28,8	64,3	14,6	33,6
	2	6	59,6	63,5	21	20	33,2	15,0	13,4	5,5
	3	6	34,6	28,4	23	37	38,0	27,0	24,9	19,3
	4	6	—	38,6	—	33	—	97,0	—	59,6
«Смолевичское», площадка 26	12	5	45,6	43,8	41	49	22,0	76,4	12,8	43,0
	13	5	54,1	57,6	34	42	16,0	54,0	7,3	28,3
«Смолевичское», участок «Тарасик»	14	7	—	42,0	—	33	—	87,8	—	51,9
«Петровичи»	15	5	56,0	59,3	41	35	108,1	129,6	47,5	52,7
	16	5	56,5	—	52	—	126,7	—	55,1	—
<i>Древесно-тростниковый</i>										
«Смолевичское», площадка 9	10	5	38,2	31,8	44	55	10,7	97,0	6,6	66,0
	11	5	57,6	49,9	41	40	38,5	75,8	16,3	38,0
«Заволочицы»	17	5	37,3	41,0	54	43	229,3	183,0	143,8	108,0
	18	5	49,8	49,8	45	37	85,1	148,0	42,7	74,3
<i>Древесный</i>										
«Чистик», участок «Яськово болото»	5	6	55,9	51,0	33	38	50,5	124,0	22,3	60,8
	6	6	55,5	54,7	39	37	68,0	108,7	30,3	49,4
«Смолевичское», площадка 26	7	7	38,8	35,7	43	36	78,5	125,0	48,0	80,4
«Смолевичское», площадка 8	8	7	52,7	51,0	29	33	24,6	53,0	11,6	26,0
	9	7	54,3	55,5	19	34	18,3	24,0	8,4	10,7
«Бабирово»	19	6	—	51,8	—	26	—	57,0	—	27,5
	20	18	—	53,5	—	35	—	183,1	—	85,1

Примечание. 1 — отбор после окончания сезона добычи; 2 — отбор при вывозке торфа.

ловливалась видом и влажностью торфа, а также продолжительностью и условиями хранения. Наиболее интенсивно разогревался осоковый торф. К концу сезона добычи, в сентябре, средняя его температура в штабелях при влажности 35% составляла 66°C, при влажности 50% — 50—55°C, при влажности 58—60% — 32—37°C. В тростниковом, древесно-тростниковом и древесном торфах средняя температура в штабелях была ниже: при влажности 40—50% — 41—45°C, а при влажности 55—60% — 21—33°C.

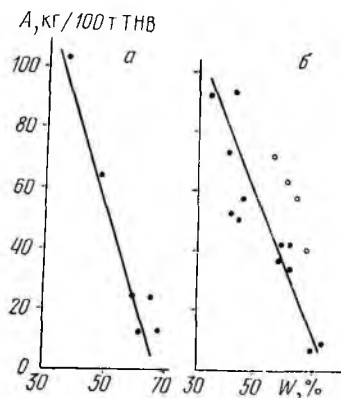


Рис. 11. Влияние влажности ( $W$ , %) осокового торфа на среднее содержание аммиачного азота ( $A$ , кг/100 т ТНВ) после окончания сезона добычи ( $a$ ) и к моменту вывозки ( $b$ ). Светлым кружком обозначено содержание аммиачного азота в торфе, добытом на участках Белсельхозтехники

Влияние влажности осокового торфа на среднее содержание в нем аммиачного азота при натуральной влажности (ТНВ) после окончания сезона добычи и при вывозке показано на рис. 11. Высокая температура в штабеле осокового торфа обусловила повышенное содержание в нем аммиачного азота уже после окончания добычи, которое при влажности 45—50% составило 60 кг/100 т ТНВ, а с увеличением влажности до 55—60% упало в 2 раза — до 25—30 кг/100 т ТНВ. Так как штабеля осокового торфа после окончания сезона добычи были изолированы сырой торфокрошкой, то процесс саморазогревания в них затормозился и дальнейшее накопление аммиака при хранении в осенне-зимний период в изолированных штабелях проходило медленно.

В неизолированных штабелях, где саморазогревание торфа продолжалось и в осенне-зимний период, на глубине 0,5—1,5 м от поверхности располагалась зона ин-

тенсивного саморазогревания с содержанием аммиачного азота выше 300 кг/100 т ТНВ. Среднее содержание последнего в этих штабелях при влажности 35% составило 197 кг, а при влажности 45% — 125 кг/100 т ТНВ при средней температуре 69 и 57°C соответственно.

Следует обратить внимание на то, что условия добычи и хранения торфа на промышленных предприятиях и участках Белсельхозтехники способствуют повышению концентрации аммиака в торфе на последних. Сюда относятся в первую очередь длительная аэрация и саморазогревание торфа в высоких навалах при сравнительно редком периодическом окараивании, а также короткие сроки эксплуатации участков, когда в верхних слоях залежи еще сохраняются остатки свежих растений. На торфоучастках «Смолянка» и «Петровичи» к моменту вывозки содержание аммиачного азота было в 1,5 раза выше, чем в штабелях той же влажности на предприятиях МТП БССР.

При влажности осокового торфа выше 60% образование аммиачного азота происходит чрезвычайно медленно (10 кг/100 т ТНВ). В зимний период содержание аммиака в этих штабелях имеет тенденцию к снижению, что связано с развитием процессов нитрификации, которые заметно усиливаются при влажности свыше 65%. Содержание нитратного азота не превышает 5—6 кг/100 т ТНВ.

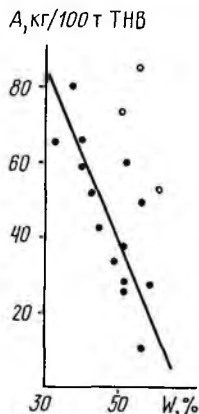
Приведенные материалы торфоучастка «Смолянка» показывают, что при хранении осокового торфа максимальное накопление аммиачного азота отмечено на первом году хранения. При более длительном хранении вследствие развития процессов нитрификации и последующей денитрификации могут иметь место потери азота.

При хранении тростникового, древесно-тростникового и древесного торфов к концу сезона добычи, в сентябре — октябре, в штабелях на торфопредприятиях МТП БССР аммиачный азот при влажности 45—60% мало отличается от исходного и лишь в отдельных случаях превышает 20 кг/100 т ТНВ. Так, при влажности древесного торфа 38,8% количество аммиачного азота в нем достигло 48 кг/100 т ТНВ (торфопредприятие «Смолевичское»). В древесно-тростниковом и тростниковом торфах, добытых на участках Белсельхозтехники, количество аммиач-

ного азота также было выше и при влажности 50—55% составило 47—55 кг/100 т ТНВ (торфоучасток «Петровичи»). При этом наблюдались более равномерное распределение аммиака по сечению штабеля и повышенная концентрация его на глубине 2—3 м от поверхности (см. рис. 10). По-видимому, это связано с тем обстоятельством, что на данном торфоучастке окараивание машиной ОФ проводилось всего 3 раза за сезон. В перерывах торф длительное время находился в навалах высотой до 3 м, где при благоприятных условиях аэрации он равномерно разогревался до 55—60 °С, и накопление аммиачного азота в нем происходило достаточно интенсивно.

В осенне-зимний период в штабелях тростникового, древесно-тростникового и древесного торфов, которые при низкой температуре разогревания

Рис. 12. Влияние влажности тростникового, древесно-тростникового и древесного торфов на среднее содержание аммиачного азота к моменту вывозки. Обозначения те же, что и на рис. 11



хранились без изоляции, мобилизация азота продолжалась. К моменту вывозки, в феврале—марте, количество легкоусвояемых форм азота повысилось и при влажности 45—50% составило около 40, а при влажности 55—60% — около 20 кг/100 т ТНВ, т. е. было в 1,5—2,0 раза ниже, чем в осоковом торфе той же влажности (рис. 11 и 12).

В древесном торфе на торфоучастке «Бабирово» при увеличении продолжительности хранения до двух лет средняя концентрация аммиачного азота достигла 85 кг/100 т ТНВ (влажность торфа 52,5%, средняя температура в штабеле при отборе 35 °С).

При статистической обработке полученных экспериментальных данных установлено, что после 5—7 месяцев хранения к моменту вывозки зависимость между содержанием аммиака ( $N_{oc}$ ) и влажностью ( $W$ ) в хранящемся под изоляцией осоковом торфе выражается уравнением  $N_{oc} = 221 - 3W$  кг/100 т ТНВ,  $r = 0,84$ .

Для тростникового, древесно-тростникового и древесного торфов зависимость между содержанием аммиака ( $N_{\text{тр}}$ ) и влажностью ( $W$ ) имеет вид  $N_{\text{тр}}=143-1,95W$  кг/100 т ТНВ,  $r=0,67$ .

Проведенные по этим формулам расчеты показывают, что при одной и той же влажности содержание аммиачного азота в осоковом торфе на 30% выше по сравнению с другими видами торфа.

Полученные нами данные подтверждают результаты анализов осокового торфа, добытого в Могилевской области на торфоучастках Белсельхозтехники в 1973 и 1974 гг. [99]. Содержание аммиачного азота в осоковом торфе при влажности 47—50% достигало 100—120 кг, а при 52—56% — 60—80 кг/100 т ТНВ, у древесно-тростникового торфа содержание аммиачного азота было при влажности 48 и 52—55% — 70 и 40—60 кг/100 т ТНВ соответственно.

Определение содержания аммиачного азота в торфе, заготовленном в 1975 г. для нужд сельского хозяйства в Могилевской и Минской областях, показало, что с торфом вносится значительное количество азота. Это следует учитывать при составлении колхозами общего плана использования минеральных и органических удобрений<sup>1</sup> (табл. 19).

Часто на одном и том же торфяном массиве добывается торф разного ботанического состава, в связи с чем содержание азота в нем значительно отличается. Так, осоково-тростниковый торф, добытый на торфоучастке «Беленевка III» (Оресское отделение Сельхозтехники, Минская область, Стародорожский район), при влажности 45% содержал 0,13% аммиачного азота, древесно-тростниковый торф с участка «Беленевка I» при влажности 52% — 0,09% аммиачного азота, а сфагново-пушицевый с участка «Беленевка II» — только 0,01% аммиачного азота на ТНВ. Поэтому при оценке торфа как источника органического вещества следует обратить внимание на содержание в нем азота в усвояемой для растений форме.

Необходимо отметить, что снижение влажности осокового торфа с 55—60 до 45—55% не влияет на содержание в нем гуминовых кислот. Так, в процессе сушки

<sup>1</sup> Отбор проб произведен П. Г. Лойко (инспекторский пункт Госторффонда при Госплане БССР).

**Содержание аммиачного азота в торфе для сельскохозяйственного использования, заготовленного в 1975 г. Белсельхозтехникой в Минской и Могилевской областях**

Участок	Вид торфа	Температура торфа в штабелях, °С	Количество исследованных штабелей	Средняя влажность торфа в штабелях, %			Содержание аммиачного азота, кг/100 т ТНВ		Среднее содержание аммиачного азота, кг/100 т АСВ
				среднее	минимальное	максимальное	среднее	максимальное	
«Руховский мох»	Осоковый	63—71	17	45,6	139	74	164	252	
«Столпище»	Осокозо-тростниковый	—	6	47,9	141	129	152	275	
«Березово болото»	Тростниково-осоковый	68	2	44,8	135	—	—	245	
		59	2	52,2	98	—	—	204	
«Гать»	Тростниковый	62—66	4	45,9	132	94	152	244	
		4	4	55,2	9	4	17	20	
«Беленевка III»	Осоково-тростниковый	60—69	5	46,2	134	131	149	250	
«Беленевка II»	Сфагново-пушицевый	48—51	7	45,4	9	4	14	16	
«Беленевка I»	Древесно-тростниковый	57—61	6	52,3	91	80	130	191	

торфа при 20 °С в лабораторных условиях выход наиболее устойчивой фракции гуминовых кислот, выделяемой 0,0625 н. раствором едкого натра при 25 °С, практически не изменяется. Можно заметить лишь тенденцию к снижению биохимически менее устойчивых соединений, выделяемых тем же раствором едкого натра при нагревании.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что интенсивно разогревающийся осоковый торф, содержание аммиачного азота в котором достигает 80—120 кг на 100 т ТНВ, может быть использован для внесения в качестве удобрения на поля. Так как большая часть азота в этом торфе развязывается при хранении уже в период добычи, то его можно вывозить на поля в начале

осени и использовать как удобрение под озимые культуры. Слаборазогревающиеся при хранении в складочных единицах древесные, древесно-тростниковые и тростниковые виды торфа содержат очень мало подвижного азота и при прямом внесении в почву не могут обеспечить потребности растений в азоте. Эти виды торфа лучше применять после более длительного хранения в штабелях для приготовления компостов, торфо-гуминовых удобрений и т. п.

Следовательно, для рационального использования подвижного азота, образующегося в процессе хранения, качественная характеристика торфа должна включать определение аммиачного азота.

Важно также усовершенствовать технологию добычи торфа с целью максимального повышения количества в нем аммиака и более равномерного распределения последнего по сечению штабеля. В первую очередь следует пересмотреть показатель влажности, приняв его равным 45—50 и ни в коем случае не выше 55%. Взамен изоляции осокового торфа сырой торфокрошкой следовало бы в производственных условиях изучить эффективность периодических передвижек штабелей торфа, особенно к концу сезона добычи. Это позволит подвергнуть основную массу торфа воздействию автотермических процессов и тем самым «развязать» значительную часть связанного азота. Заслуживает также внимания и проверка технологии хранения торфа в крупных навалах (небольших штабелях) с периодическим окараиванием — укрупнением их 2—3 раза за сезон.

Правильная организация добычи торфа с учетом видового и химического состава, а также более квалифицированное применение торфа, подвергнувшегося саморазогреванию, — дополнительный источник азотных удобрений для сельского хозяйства.

### **Участие отдельных форм азота в образовании аммиака при хранении торфа**

Четкое представление об участии отдельных азотсодержащих соединений и сущности процессов, обуславливающих образование подвижных форм азота, необходимо как для выбора торфа, способного легко образо-

вать аммиак и поэтому наиболее пригодного для прямого внесения в почву, так и для обоснования рациональных приемов добычи и хранения торфа, заготавливаемого для сельскохозяйственного использования. Хотя большинство исследователей отводят ведущую роль микробиологическим процессам в расщатывании азота торфа [54, 55, 59 и др.], нами было показано, что в зоне интенсивного саморазогревания при температуре 75 °С и выше образование аммиака происходит за счет химического взаимодействия между углеводами и аминокислотами по меланоидиновой реакции.

Для подтверждения и уточнения выдвинутых нами положений одновременно с изучением процесса накопления аммиака в тех же штабелях осокового, тростникового, древесно-тростникового и древесного торфов исследовали изменения других форм азота. Методика закладки опытов и отбора проб приведена ранее. Содержание отдельных форм азота определяли не только в пробах из центрального сечения штабеля, где наблюдался значительный перепад температур, но и в пробах, отобранных в нижней части откосов штабелей, где обычно держалась низкая температура, но в отличие от центральной части была достаточная аэрация. Характеристика торфа и состав аминокислот показаны в табл. 4—7. Напомним, что в исследованных производственных штабелях осокового торфа степень разложения колебалась от 20—25 до 35—40%, у тростникового, древесно-тростникового и древесного — от 35 до 50%. Зольность осокового торфа изменялась от 4,3 до 10,4%, а древесного, древесно-тростникового и тростникового — от 8,1 до 13,2% на АСВ. Количество аммиачного азота в исходном торфе составляло 10—25 мг/100 г АСВ, рН водной вытяжки — 5,6—6,5, рН солевой вытяжки — 4,7—5,9. Изменение содержания общего азота и его отдельных форм при хранении наиболее интенсивно разогревавшегося осокового торфа в производственных штабелях с различной влажностью приведено в табл. 20 и 21. Сопоставление данных, приведенных в таблицах, показывает, что пробы исходного осокового торфа, отобранные на торфопредприятиях «Смолевичское» и «Петровичи», характеризуются близким содержанием общего азота (2,87—3,30% на ОВ) и соотношением между его отдельными формами. Аммиак составляет 0,9—1,1%, аминный азот — 31,7—35,8, а не-



Изменение содержания отдельных форм азота при хранении  
осокового торфа\*

Торфопредприятие, № штабеля, про- должительность хранения	Номер пробы	Расстояние от поверх- ности штабеля, м		В момент отбора		Общий азот, % на ОВ	Содержание азота, % к азоту торфа			
		температура, °С	влажность, %	аммиачный	аминный		неидентифи- цированный (по разности)	в остатке пос- ле гидролиза, 20%-ной НС1		
«Смолевичское», № 10, 7 месяцев	Исходная	—	—	—	2,87	1,0	31,7	39,4	27,9	
	940	1,0	15	72,6	2,82	0,4	32,6	37,2	29,8	
	941	0,5	28	68,6	2,99	3,3	30,8	33,1	32,8	
	943	0,5	30	71,6	2,98	2,0	30,2	36,6	31,2	
	945	2,0	50**	47,7	2,86	7,7	27,6	32,5	32,2	
	942	1,0	58**	41,5	2,99	5,7	29,4	35,8	29,1	
	944	1,0	66**	23,3	3,04	8,9	23,4	34,5	33,2	
«Смолевичское», № 11, 7 месяцев	921	1,0	10	70,4	2,58	0,4	33,3	39,2	27,1	
	927	1,0	32	68,9	2,87	0,4	28,2	44,4	26,0	
	931	2,0	40	69,5	2,88	1,4	30,6	42,0	26,0	
	928	2,0	45	69,8	2,79	1,1	31,5	39,4	28,0	
	929	3,0	50	69,0	2,65	3,4	32,1	37,0	27,5	
«Смолевичское», № 13, 7 месяцев	8	2,0	58	46,4	3,01	7,0	23,6	31,5	34,9	
	2	1,0	60	35,9	3,19	11,9	13,2	39,5	35,4	
	7	1,0	76**	39,2	3,31	13,0	12,1	33,2	41,7	
	4	1,0	76**	40,2	3,40	14,4	10,0	34,1	41,5	
«Петровичи», № 20, 5 месяцев	Исходная	—	—	—	3,30	0,9	33,9	43,4	21,8	
	731	2,0	39**	60,5	3,37	8,0	23,8	36,5	26,7	
	725	4,0	40	58,7	3,33	4,8	32,7	38,7	23,8	
	721	0,5	44	45,9	3,89	6,7	25,2	42,9	25,2	
	724	3,0	47	60,6	3,43	6,1	32,7	35,5	25,7	
	733	2,0	55	53,7	3,43	5,8	30,6	38,5	25,1	
	722	1,0	55	47,2	3,60	5,6	30,8	41,4	22,2	

\* В штабелях 10, 11, 13 торф убирался с одних и тех же карт.

\*\* Максимальная температура разогревания.

гидролизуемый азот — 21,8—31,1% от общего азота торфа. Значительную часть (30,6—43,4% от общего азота торфа) составляют растворимые в 20%-ной соляной кислоте неидентифицированные азотсодержащие соединения. Согласно литературным данным, в состав этих соединений у растений входят амиды органических кислот, аминсахара, а также пуриновые и пиримидиновые основания — остатки нуклеиновых кислот [101].

Анализ полученного экспериментального материала подтверждает, что при хранении осокового торфа с влажностью 40—60% потери азота не имеют места. В зоне интенсивного саморазогревания (на глубине 1—2 м от поверхности штабеля) содержание общего азота не-

Таблица 21

Влияние продолжительности хранения на изменение содержания общего азота и его отдельных форм при саморазогревании осокового торфа (торфогредриятие «Смолегицкое», штабель 8)

Номер пробы	Глубина при отборе, м	Максимальная температура при разогривании, °С	Влажность при отборе, %	Общий азот, % на ОВ	Содержание азота, % к азоту торфа				
					легкогидролизуемый	в том числе аммиачный	аминный	неидентифицируемый (по разности)	в остатке после гидролиза 20 %-ной HCl
Исходный торф	—	—	—	3,18	2,5	1,1	35,8	30,6	31,1
<i>Продолжительность хранения 4 месяца</i>									
208	2,5	58	48,3	3,15	9,0	6,6	26,0	38,0	27,0
210	2,7	60	40,7	3,14	10,3	7,3	25,7	34,0	30,0
209	3,5	63	41,9	3,09	11,6	7,4	22,3	35,4	30,7
201	1,0	64	25,2	3,34	10,8	8,3	22,1	36,3	30,8
202	1,5	65	38,1	3,27	10,2	7,3	20,1	36,1	33,6
203	1,5	70	41,7	3,33	10,4	7,1	20,7	34,4	34,5
205	1,5	72	38,3	3,14	12,1	8,0	19,1	33,2	35,6
204	2,0	75	23,1	3,26	13,7	9,1	16,9	31,7	37,7
206	1,5	76	35,8	3,36	13,5	9,3	14,9	33,5	38,1
37	0,7	77	22,9	3,46	16,0	12,9	7,8	35,5	40,7
39	0,7	78	12,8	3,47	17,8	14,4	7,6	33,0	41,6
<i>Продолжительность хранения 7 месяцев</i>									
252	4,0	49	48,7	3,15	8,4	7,0	28,8	34,2	28,6
251	2,5	50	47,5	3,14	11,3	8,4	26,5	32,1	30,1
249	2,3	62	43,7	3,04	10,9	7,9	23,6	31,6	33,9
242	1,5	64	33,4	3,12	10,5	8,7	21,8	35,1	32,6
250	3,0	64	42,4	3,05	10,2	7,6	24,0	32,7	33,1
245	1,8	72	35,2	3,24	15,1	9,1	14,6	28,3	42,0
243	1,2	74	24,2	3,16	15,4	10,4	14,2	28,6	41,8
244	1,2	75	34,0	3,19	15,4	10,3	13,6	28,9	42,1
34	1,0	76	26,6	3,36	15,7	12,4	11,2	33,3	39,8
247	1,1	77	34,7	3,50	18,1	15,9	9,5	30,7	41,7
36	0,7	78	20,2	3,54	19,8	15,9	7,6	29,9	42,7

сколько повышается, что обусловлено потерями органического вещества в результате протекающих химических реакций, которые, по данным наших многолетних наблюдений, составляют при температуре 70—75 °С около 1% за месяц хранения [3]. Необходимо подчеркнуть, что изменения в содержании отдельных форм азота при всех температурах хранения торфа аналогичны. Наименее стоек аминный азот, снижение количества которого наблюдается во всех проанализированных пробах и сопровождается накоплением аммиака, убедительно доказывая, что основным источником последнего являются аминокислоты — остатки белковых веществ растений-торфообразователей. Во всех случаях распад аминокислот сопровождается как накоплением аммиака, так и азотсодержащих соединений, негидролизуемых 20%-ной соляной кислотой, что характерно для реакции меланоидинообразования [29, 102]. При хранении торфа влажностью 45—50% процесс явно выражен уже при температуре 60—70 °С и значительно ускоряется с подъемом температуры выше 75 °С. Как показано ранее, это связано с резким снижением термоустойчивости полисахаридов торфа при указанной температуре, что обуславливает быстрое накопление моносахаридов и интенсифицирует протекание меланоидиновой реакции. При разогревании выше 75 °С аммиачный азот достигает 8—16%, а азот в остатке после гидролиза 20%-ной соляной кислотой превышает 40% от общего азота торфа (штабеля 8, 13).

При начальной влажности 55—60%, когда торф разогревался не выше 55—60 °С, распад аминокислот происходил значительно медленнее и был сдвинут в сторону образования аммиака, в то время как накопление негидролизуемых азотсодержащих соединений происходило менее интенсивно, чем при более высоких температурах (штабеля 10, 20). В случае хранения торфа влажностью 70% (штабель 11) при температуре 40—45 °С образование аммиака почти не наблюдалось. В отдельных пробах при температуре 10—32 °С отмечено даже снижение его содержания (табл. 20, пробы 921, 927, 940). Это связано, очевидно, с процессом нитрификации, который при влажности 65—70% развивается довольно интенсивно, особенно в верхних слоях штабеля при достаточной аэрации, где содержание нитратного азота

достигает 30—50 мг/100 г АСВ (1—1,5% от азота торфа). В этих условиях за счет нитрификации и последующей денитрификации могут иметь место некоторые потери азота (проба 921). При влажности менее 60% в торфе обнаружены лишь следы нитратов. Уменьшение содержания азота в остатке после гидролиза 20%-ной соляной кислотой в отдельных пробах из глубинных слоев штабеля при разогревании до 40—50 °С (табл. 20, проба 931; табл. 21, пробы 251 и 252) связано, по-видимому, с микробиологическим разрушением гуминовых веществ [103].

Исследование влияния продолжительности хранения на характер превращения отдельных форм азота (табл. 21) еще раз подтвердило решающее значение температурного фактора при трансформации аминного азота.

При деструкции аминокислот в процессе саморазогревания торфа в подвижные формы (легкогидролизуемые азотсодержащие соединения и в том числе аммиак) переходит соответственно 65 и 55% аминного азота, остальное количество превращается в неидентифицированные и негидролизуемые азотсодержащие соединения. Увеличение неидентифицированных соединений через 4 месяца хранения объясняется накоплением промежуточных продуктов взаимодействия аминокислот и углеводов — азотсодержащих гетероциклов имидазола, пиразина и их производных [29, 102]. По мере хранения, особенно при подсыхании торфа и образовании «полукокса», они превращаются в негидролизуемые азотсодержащие соединения — меланоидины, и количество азота в них к этому моменту повышается в 1,3—1,4 раза.

Изменение содержания общего азота и его отдельных форм при хранении тростникового, древесно-тростникового и древесного видов торфа показано в табл. 22. Несмотря на различие в содержании общего азота, количество которого колебалось от 2,49 до 3,66% на ОВ, все отобранные пробы характеризуются близким соотношением между его формами.

При влажности торфа ниже 60% в процессе хранения потерь азота не наблюдается. Увеличение количества общего азота в штабеле 17 (торфоучасток «Заволочицы»), где при влажности 40% процесс саморазогревания торфа интенсифицируется, относительно и обусловлено потерями органического вещества. Аналогичное явление

**Изменение содержания отдельных форм азота  
при хранении тростникового, древесно-тростникового  
и древесного торфов**

Торфопредприятие, вид торфа, номер штабеля, продолжи- тельность хранения	Номер пробы	Расстояние от поверх- ности штабеля, м	В момент отбора		Общий азот, % на ОВ	Содержание азота, % к азоту торфа			
			температура, °С	влажность, %		аммиачный	аминный	нейтрифици- рованный (по разности)	в остатке пос- ле гидролиза 20%-ной HCl
«Петровичи», трост- никовый, № 15, 5 месяцев	Исходная	—	—	—	3,52	0,6	39,7	33,0	26,7
	746	0,5	27	72,7	3,54	0,8	40,1	35,4	23,7
	747	1,0	37	62,9	3,58	3,6	39,3	31,3	25,8
	752	2,0	40	66,0	3,61	7,5	29,4	39,3	23,8
«Заволочицы», древесно-тростнико- вый, № 17, 18, 5 месяцев	Исходная	—	—	—	3,34	0,9	32,9	33,3	32,9
	770	1,0	12	39,9	3,31	0,6	31,1	36,6	23,7
	776	3,0	48	43,0	3,52	4,5	28,1	36,5	30,9
	785	2,0	48*	51,0	3,52	4,5	28,4	36,5	30,6
	784	1,0	52	38,3	3,66	6,3	26,0	38,5	29,2
	777	1,0	60	45,0	3,72	8,1	22,8	33,9	35,2
«Смолевичское», древесно-тростни- ковый, № 10, 5 месяцев	Исходная	—	—	—	2,49	0,4	31,7	29,4	38,5
	250	1,0	64	46,0	2,63	4,6	19,8	33,8	41,8
	256	2,0	72	22,2	2,55	5,1	18,0	31,8	45,1
	Исходная	—	—	—	3,30	0,6	31,8	39,5	28,1
«Смолевичское», древесный, № 13, 7 месяцев	952	2,0	40	41,4	3,32	3,0	26,2	40,6	30,2
	954	1,0	40	31,6	3,30	5,2	21,2	39,7	30,9
	959	1,0	46	40,5	3,50	7,7	22,3	36,9	33,1
	957	1,0	73*	18,4	3,42	6,7	16,1	39,2	38,0
	Исходная	—	—	—	3,45	0,3	34,8	37,1	27,8
«Чистик», древес- ный, № 5, 6 меся- цев	243	2,0	30	47,6	3,33	2,4	27,9	44,8	24,9
	244	3,0	40	54,4	3,40	3,5	27,9	42,1	26,5
	240	2,0	45	59,3	3,48	5,2	26,7	41,1	27,0
	233	0,5	58*	47,5	3,56	7,6	24,5	41,0	26,9
	Исходная	—	—	—	3,66	0,3	31,4	35,5	32,8
«Бабирово», дре- весный, № 20, 18 месяцев	474	1,0	30	65,5	3,62	6,9	26,2	39,3	27,6
	471	1,0	52	32,3	4,06	12,3	21,7	36,5	29,5
	Торф с ги- фами		30	41,5	4,47	14,1	17,2	45,2	23,5

\* Максимальная температура разогревания.

имело место также в штабеле 20 (торфоучасток «Бабирово») после 18 месяцев хранения.

Как следует из данных табл. 22, при хранении тростникового, древесно-тростникового и древесного торфов, так же как и осокового, наименее стойкой формой является аминный азот, количество которого снижается во всех пробах торфа, отобранных после хранения. Это снижение сопровождается образованием аммиака, что свидетельствует о важной роли остатков белковых веществ растений-торфообразователей в накоплении подвижных форм азота при хранении торфа. При низкой интенсивности саморазогревания у этих видов торфа (максимальная температура в штабеле 40—50 °С и редко поднимается до 60 °С) распад аминокислот происходит очень медленно и количество аминного азота через 5—7 месяцев снижается только на 20—25% от исходного содержания, а аммиачный азот составляет лишь 3—7% от общего азота торфа. При разогревании выше 60 °С процесс распада аминокислот ускоряется и за тот же срок хранения количество аминного азота падает на 40% и более (пробы 250, 256, 773, 957). Характерно, что при сравнительно небольших температурах разогревания торфа реакция взаимодействия между аминокислотами и углеводами наряду с образованием аммиака приводит к синтезу главным образом промежуточных продуктов меланоидиновой реакции, в результате чего увеличивается количество неидентифицированных азотсодержащих соединений.

Так как наименее стойкой формой при хранении торфа является аминный азот, повышенное содержание его в осоковом торфе наряду с интенсивным разогреванием способствует усиленному накоплению легкогидролизуемого азота, в том числе аммиака, что позволяет подвергшийся саморазогреванию осоковый торф вносить непосредственно на поля, используя его в качестве азотного удобрения на фоне фосфорно-калийных туков. Менее интенсивно разогревающиеся и содержащие меньше аминного азота древесные, древесно-тростниковые и тростниковые виды торфа при хранении накапливают мало подвижного азота. Эти виды торфа рекомендуется использовать для приготовления торфо-гуминовых и других видов торфяных удобрений.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПО ВЫЯВЛЕНИЮ РОЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ  
В ОБРАЗОВАНИИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ АЗОТА  
ПРИ ХРАНЕНИИ ТОРФА

Исследованиями по активизации азота торфа в полевых условиях, на производственных штабелях, когда на этот процесс одновременно влияет множество факторов, не всегда удается достоверно оценить значение каждого из них. Поэтому для уточнения роли в процессе мобилизации азота таких параметров, как температура, влажность, аэрация, химический состав торфа, были поставлены лабораторные опыты. В отличие от ранее проведенных работ [54, 55] эти исследования включали не только определение накапливающегося аммиака, но и выявление участия различных групп азотсодержащих соединений в его образовании.

Для максимального приближения опыта к производственным условиям торф хранили в термостатах с заданной температурой при ограниченном доступе воздуха. Пробы торфа помещали в стеклянные банки, закрытые полиэтиленовой пленкой. Доступ воздуха осуществлялся через дренажные трубки, пропущенные сквозь отверстие в полиэтиленовой пленке и установленные в гальке, находящейся на дне банки. Исследования проводились с фрезерным торфом влажностью 30—60%. Для поддержания заданной влажности банки периодически взвешивали (через 2—3 дня) и добавляли испарившуюся влагу через дренажные трубки. В одном из опытов влагу в банки не добавляли, и торф постепенно подсыхал, как это имеет место в зоне интенсивного разогревания в штабеле. Для выявления влияния аэрации исследовали также процесс накопления аммиака без доступа воздуха в торфе, помещенном в запаянные ампулы.

При изучении влияния химического состава торфа на образование аммиака одновременно проводили опыты с торфами, различающимися по ботаническому составу и содержанию аминного азота. Были также поставлены опыты по хранению торфа с добавками углеводов. Торф обрабатывали 20%-ным водным раствором ксилозы и подсушивали до влажности 50%. Выявляли влияние температуры в интервале 50—85 °С. Продолжительность опытов до 45 суток. Для наблюдения за происходящими

Таблица 23

## Характеристика торфа для лабораторных опытов по активизации азота при хранении

Торфопредприятие	Вид торфа	Степень раз- ложения, %	АС, %	рН водной вытяжки	Аммиачный азот, мг на 100 г АСВ	Содержание, % на ОВ							
						азот об- щий	азот амин- ный	ксилоза	арабиноза	рамноза	галактоза	глюкоза	сумма моносахаридов
«Чистик», площад- ка 13	Осоковый	20—25	4,9	5,9	20	2,93	1,10	1,5	2,0	0,1	1,0	1,7	6,3
«Чистик», площад- ка 17	«	30	7,3	5,9	14	3,19	1,14	1,9	2,2	0,5	1,1	2,0	7,7
«Смолянка»	«	40—45	15,6	5,4	18	3,82	1,49	1,1	2,9	0,3	0,8	2,4	8,5
«Моторово»	Тростнико- вый	45	12,6	6,0	13	3,62	1,26	1,2	1,3	0,5	0,4	0,6	4,0
«Чистик», участок «Яськово болото»	Древесный	40	12,5	6,0	10	3,46	1,20	0,8	1,4	0,5	0,1	0,6	3,4



в период хранения изменениями из банок периодически отбирали пробы, в которых по стандартным методикам проверяли влажность, рН и содержание аммиака. Отбор проб в зависимости от температуры опыта производили один раз в 5—15 дней. В исходном торфе и в пробах после окончания хранения по известным методикам определяли общий азот и его формы: легкогидролизуемый, аминный и в остатке после гидролиза 20%-ной соляной кислотой. Состав углеводов и аминокислот в исходном торфе, а также в торфе после хранения был изучен методом бумажной хроматографии [3, 82].

Опыты проводились с осоковым, тростниковым и древесным видами торфа, которые в большинстве случаев отбирали на торфопредприятиях, где осуществлялись наблюдения за образованием подвижных форм азота при хранении торфа в производственных штабелях. Ботанический состав торфа показан в табл. 4 и 5, аминокислотный состав — в табл. 6, 7, общее содержание и состав суммы воднорастворимых и легкогидролизуемых полисахаридов — в табл. 23. Взятые для опытов образцы осокового торфа при содержании азота 2,93—3,82% на ОВ отличались количеством аминного азота, которое изменялось от 1,10 до 1,49%. У тростникового и древесного торфов оно было примерно одинаковым — 1,20—1,26% на ОВ. Осоковый торф содержал больше легкогидролизуемых углеводов — 6,3—8,5% на ОВ. В составе гемицеллюлоз этого вида торфа преобладали наиболее реакционноспособные пентозные сахара — ксилоза и арабиноза, сумма которых достигала 3,5—4,9% на ОВ. Общее содержание легкогидролизуемых углеводов и количество пентоз в их составе у тростникового и древесного торфов было примерно в 2 раза ниже, чем в осоковом.

#### **Влияние температуры, влажности и аэрации торфа на образование подвижных форм азота**

Было поставлено два опыта. В первом в течение тридцатисуточного хранения при температуре 60, 70, 75 и 80 °С исследовали влияние влажности в диапазоне 30—60% на изменение рН водной вытяжки и образование аммиака в осоковом торфе. Результаты опыта сведены в табл. 24. Приведенные данные подтверждают, что

фактором, определяющим образование аммиака, является температура торфа в период хранения. Так, если после хранения в течение 30 дней при 60°C содержание аммиака в торфе повысилось только в 3—4 раза, то при 75°C количество его за тот же срок возросло в 10 раз, а при 80°C — в 20 раз по сравнению с исходным торфом. Ускорение накопления аммиака при температуре 75—80°C, как это имеет место и в производственных штабелях торфа, обусловлено ускорением взаимодействия продуктов термогидролиза углеводов — моносахаридов с остатками белковых веществ по меланоидиновой реакции, в результате которой образуются как аммиак, так и органические кислоты, снижающие рН водной вытяжки [29, 87].

Таким образом, анализ полученного экспериментального материала свидетельствует о том, что разработанная методика позволяет воспроизводить химические про-

Таблица 24

**Изменение рН водной вытяжки и содержания аммиака при хранении торфа с различной влажностью (осоковый торф, степень разложения 20—25%)**

Температура хранения, °С	Влажность торфа, %	Продолжительность хранения, сутки					
		30	5	10	15	20	30
		рН водной вытяжки	аммиачный азот, мг/100 г АСВ				
60	30	5,5	7	—	28	—	39
	40	5,6	20	—	42	—	69
	50	6,0	49	—	73	—	92
	60	6,0	34	—	56	—	69
70	30	4,7	—	28	—	77	120
	40	5,4	—	42	—	85	133
	50	5,6	—	45	—	99	131
	60	5,8	—	59	—	107	167
75	30	4,4	—	53	—	112	182
	40	4,3	—	69	—	135	213
	50	4,7	—	72	—	135	226
	60	5,2	—	68	—	143	229
80	30	4,7	57	79	119	221	303
	40	4,4	67	131	164	296	383
	50	3,7	68	137	205	307	467
	60	4,2	70	121	215	292	412

Таблица 25

Изменение рН водной вытяжки и содержания аммиака при одновременном хранении осокового, тростникового и древесного торфов с различными условиями аэрации и влажности

Вариант опыта	Температура хранения, °С	Продолжительность хранения, сутки															
		40		45		10		15		20		30		40		45	
		рН водной вытяжки		аммиачный азот, мг/100 г АСВ													

*Осоковый торф, степень разложения 30 %*

С постоянной влажностью	50	—	6,2	—	67	—	91	—	113
	70	—	5,8	—	95	—	168	—	181
	75	5,7	—	98	—	128	188	248	—
	80	5,3	—	96	—	166	216	265	—
	85	4,1	—	147	199	265	328	392	—
Без увлажнения	75	5,3	—	87	—	118	144	205	—
	80	4,6	—	66	—	157	264	284	—
	85	4,6	—	152	172	203	247	220	—
Без доступа воздуха	50	—	6,5	—	69	—	90	—	71
	80	5,9	—	66	—	82	92	101	—
	85	5,9	—	79	—	80	99	148	—

*Тростниковый торф, степень разложения 40%*

С постоянной влажностью	50	—	6,1	—	86	—	—	—	111
	70	—	5,8	—	101	—	148	—	214
	75	5,7	—	89	—	138	169	275	—
	80	5,2	—	105	—	159	230	329	—
	85	4,5	—	190	—	305	345	443	—
Без увлажнения	75	5,0	—	109	—	142	175	270	—
	80	4,5	—	93	—	153	—	321	—
	85	4,5	—	176	—	215	343	360	—
Без доступа воздуха	50	—	6,6	—	56	—	89	—	77
	80	6,0	—	56	—	65	107	120	—

*Древесный торф, степень разложения 40%*

С постоянной влажностью	70	—	5,9	—	101	—	174	—	225
	75	6,0	—	89	—	139	182	230	—
	80	5,3	—	105	—	210	220	320	—
	85	4,5	—	205	—	281	334	416	—
Без увлажнения	75	5,8	—	83	—	120	163	205	—
	80	4,7	—	81	—	201	272	318	—
	85	4,7	—	196	—	246	335	380	—
Без доступа воздуха	80	6,1	—	77	—	—	115	121	—

цессы, имеющие место при хранении торфа в производственных условиях.

При одной и той же температуре изменение влажности торфа от 40 до 60% не влияло на содержание аммиака, которое после 30 суток хранения во всех пробах было примерно одинаковым. Со снижением влажности торфа до 30% этот процесс несколько замедляется, и содержание аммиака через 30 дней хранения почти на 30% было ниже по сравнению с более влажным торфом.

Во втором опыте исследовали накопление аммиака при одновременном хранении в течение 40—45 суток осокового, тростникового и древесного торфов с различными условиями влажности и аэрации. Пробы хранили в интервале 50—85°C при ограниченном доступе воздуха не только при постоянной влажности, но и без добавления влаги, а также без доступа воздуха. Результаты опыта сведены в табл. 25. Они вновь подтверждают решающее влияние температуры на выход аммиака, а также значительное ускорение этого процесса при 75°C и выше.

В интервале 75—80°C торф подсыхал медленно, поэтому накопление аммиака как при постоянной влажности, так и при постепенной подсушке происходило примерно с равной скоростью, и через 40 суток количество его в пробах, хранившихся при одной и той же температуре, было одинаковым. С подъемом температуры до 85°C, когда торф подсыхал быстро, скорость образования аммиака замедлялась. В осоковом торфе, влажность которого через 20 суток упала до 10%, содержание аммиака в подсушенном торфе на 30% ниже, чем при постоянной влажности. Снижение влажности до 2—5% после 30 суток хранения привело к прекращению выхода аммиака, что обусловлено затуханием реакции меланоидинообразования при очень низких влажностях [42]. У тростникового и древесного торфов, которые подсыхали медленнее, отставание в образовании аммиака заметно лишь после 40 суток хранения при снижении влажности до 22—29%.

В ампулах при отсутствии дополнительного поступления воздуха накопление аммиака также замедлено по сравнению с аэрируемым торфом, особенно при температуре выше 75°C.

Влияние температуры и влажности на изменение со-

Изменение содержания отдельных форм азота при хранении торфа с различной влажностью

Температура хранения, °С	Влажность торфа, %	Ас, %	Потери органического вещества, %	Содержание азота, % на органическое вещество торфа						Содержание азота, % к общему азоту торфа							
				общий	гидролизующий 20%-ной НСl, в том числе					в остатке после гидролиза 20%-ной НСl	гидролизующий 20%-ной НСl, в том числе						в остатке после гидролиза 20%-ной НСl
					аммиачный	легко-гидролизующий	аминный	амидный	нейтрально-фосфорный		аммиачный	легко-гидролизующий	аминный	амидный	нейтрально-фосфорный		
Исходный торф		4,9	—	2,93	0,02	0,04	1,10	0,14	0,88	0,77	0,7	1,4	37,5	4,8	30,0	26,3	
	30	6,2	0,4	3,17	0,13	0,31	0,70	0,10	1,36	0,70	4,1	9,8	22,1	3,2	42,8	22,1	
	40	6,0	1,6	3,07	0,14	0,24	0,95	0,11	1,02	0,75	4,6	7,8	30,9	3,6	33,3	24,4	
	50	5,3	0,0	3,00	0,14	0,24	0,81	0,13	1,06	0,76	4,7	8,0	27,0	4,3	35,4	25,3	
	60	6,2	5,5	3,00	0,18	0,24	0,80	0,11	1,09	0,76	6,0	8,0	26,7	3,7	36,3	25,3	
75	30	5,9	1,6	3,07	0,19	0,39	0,39	0,08	1,40	0,81	6,2	12,7	12,7	2,6	45,6	26,4	
	40	6,0	5,1	3,15	0,23	0,45	0,34	0,11	1,32	0,93	7,3	14,3	10,8	3,5	41,9	29,5	
	50	6,35	4,2	3,15	0,24	0,41	0,55	0,08	1,26	0,85	7,6	13,0	17,5	2,5	40,1	26,9	
	60	6,2	5,2	3,32	0,24	0,39	0,51	0,10	1,44	0,88	7,2	11,7	15,4	3,0	43,4	25,5	
80	30	9,2	6,1	3,36	0,33	0,51	0,10	0,05	1,73	0,97	9,8	15,2	2,9	1,5	51,5	28,9	
	40	10,7	5,6	3,38	0,43	0,63	0,15	0,04	1,42	1,14	12,7	18,6	4,4	1,2	42,1	33,7	
	50	7,9	7,0	3,40	0,51	0,76	0,11	0,04	1,34	1,15	15,0	22,3	3,2	1,2	39,5	33,8	
	60	8,5	5,7	3,17	0,45	0,68	0,12	0,04	1,23	1,10	14,2	21,5	3,8	1,2	38,8	34,7	

держания отдельных форм азота при хранении в течение 30 суток осокового торфа со степенью разложения 25—30% показано в табл. 26. Из данных таблицы видно, что в процессе хранения азот не теряется, а некоторое относительное повышение его обусловлено потерями органического вещества. Приведенные материалы подтверждают, что во всех опытах накопление аммиака, как и при хранении торфа в штабелях, связано главным образом только с распадом остатков белковых веществ и сопровождается снижением содержания аминного азота. При хранении в течение одного месяца количество аминного азота в среднем снижается при 70 °С на 40%, при 75 °С на 70, при 80 °С на 90%. Изменение влажности торфа в интервале 40—60% не сказывается на скорости распада остатков белковых веществ.

Распад аминокислот сопровождается образованием новых азотсодержащих соединений, одна часть из которых по-прежнему растворяется в 20%-ной соляной кислоте, а другая теряет эту способность и переходит в негидролизуемые соединения. При температуре 70—80 °С примерно 60—65% аминного азота в процессе хранения переходит в легкогидролизуемые азотсодержащие соединения, которые могут усваиваться растениями уже в первый год внесения торфа в почву [71]. В составе легкогидролизуемых аммиак составляет 60—75%. Оставшийся аминный азот переходит в неидентифицированные азотсодержащие вещества, а при 80 °С — частично и в соединения, негидролизуемые 20%-ной соляной кислотой, количество которых также возрастает. По-видимому, неидентифицированные азотсодержащие соединения, представленные промежуточными продуктами меланоидиновой реакции — имидазолами, пиразинами, при температуре 80 °С подвергаются конденсации и теряют способность гидролизоваться 20%-ной соляной кислотой. При влажности 30% процесс образования аммиака замедляется в связи с изменением хода реакции в направлении синтеза неидентифицированных азотсодержащих соединений. Наряду с температурой благоприятные условия аэрации торфа в период хранения, как это имеет место при передвижках, а также при длительном хранении в крупных навалах способствуют повышению содержания подвижных форм азота в торфе, улучшая тем самым качество последнего как удобрения.

## Влияние химического состава торфа на образование подвижных форм азота

Для решения поставленной задачи исследовали накопление аммиака при хранении в течение 40 суток торфов различного ботанического состава (осоковый, тростниковый и древесный), содержащих равное количество аминного азота (1,14—1,26% на ОВ). Анализ графического материала, приведенного на рис. 13, свидетельствует о том, что при почти одинаковом содержании аминного азота в торфе различного ботанического состава распад аминокислот и накопление аммиака происходят с равной интенсивностью.

При этом влияние температуры хранения ( $T$ ) на деструкцию аминного азота ( $Y$ , в % от его общего содержания) хорошо аппроксимируется уравнением параболы второго порядка

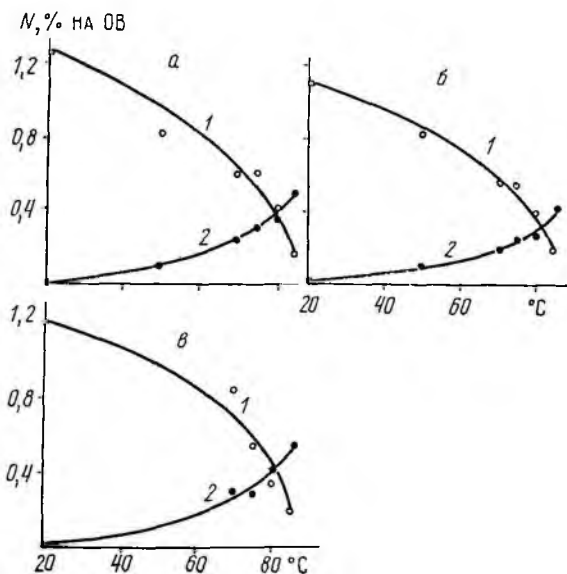


Рис. 13. Влияние температуры на изменение содержания аминного (1) и аммиачного (2) азота при хранении различных видов торфа с равным содержанием аминного азота в лабораторном опыте: а, б, в — тростниковый, осоковый, древесный торфа соответственно

$Y = f(T) = 0,0122T^2 - 0,192T - 19,4$ , корреляционное отношение равно 0,9.

В то же время в торфе одного вида (осоковый) при увеличении содержания аминного азота от 1,10 до 1,49% на ОВ за равный срок хранения (30 суток) накопление аммиака возросло почти в 2 раза (рис. 14).

Интересные данные получены при хранении в течение 30 суток торфа с добавками ксилозы, присутствие которой, ускоряя меланоидиновую реакцию, способствует накоплению аммиака (рис. 14). При 60—75 °С, когда термогидролиз углеводного комплекса и образование моносахаридов в торфе происходят медленно [85, 86], добавка ксилозы ускоряет процесс накопления аммиака в 1,5 раза, особенно в первые 20 дней хранения. С повышением температуры до 80 °С термогидролиз полисахаридов рез-

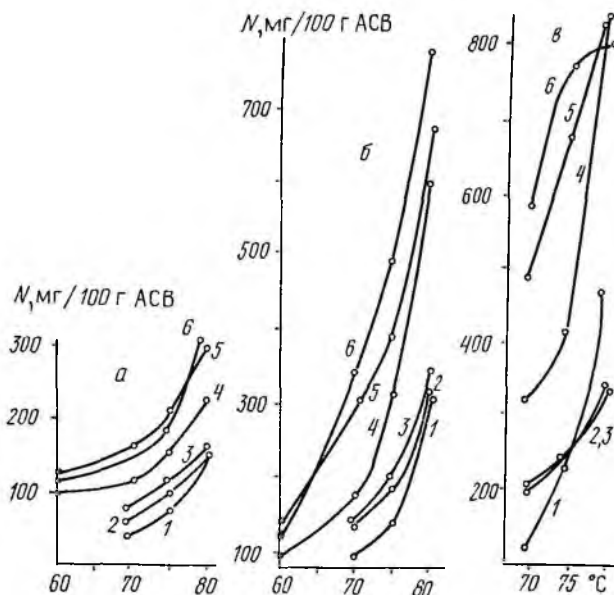


Рис. 14. Образование аммиака (N, мг/100 г АСВ) при хранении осокового торфа с добавками моносахаридов (а — после 10 дней хранения, б — после 20 дней хранения, в — после 30 дней хранения): 1 — осоковый торф, степень разложения 20—25%; 2 — то же +5% ксилозы; 3 — то же +10% ксилозы; 4 — осоковый торф, степень разложения 40—45%; 5 — то же +5% ксилозы; 6 — то же +10% ксилозы



Изменение содержания отдельных форм азота при хранении осокового торфа с различным содержанием амичного азота и смесей торфа с углеводами

Вариант опыта	Температура хранения, °С	Азот общий, % на ОВ	Содержание азота, % к общему					в остатке после гидролиза 20%-ной НСl
			гидролизующий 20%-ной НСl, в том числе					
			аммиачный	легкогидролизуемый	аминный	неидентифицируемый*		
<i>Степень разложения 20—25%</i>								
Исходный торф	—	2,93	0,7	1,4	37,5	34,8	26,3	
Торф	70	3,07	4,7	8,0	27,0	39,7	25,3	
Торф+5% ксилозы	70	2,99	7,6	12,4	15,9	38,3	33,4	
Торф+10% ксилозы	70	2,43	7,9	14,1	7,9	50,1	27,9	
Торф	75	3,15	7,6	13,0	17,5	42,6	26,9	
Торф+5% ксилозы	75	3,12	8,3	12,2	9,9	46,2	31,7	
Торф+10% ксилозы	75	2,91	8,6	12,0	7,6	47,8	32,6	
Торф	80	3,40	15,0	22,3	3,2	40,7	33,8	
Торф+5% ксилозы	80	2,85	13,3	21,5	4,9	34,3	39,3	
Торф+10% ксилозы	80	2,97	13,2	17,8	4,4	39,4	38,4	

*Степень разложения 40—45%*

Исходный торф	—	3,82	0,5	—	39,0	37,7	22,8
Торф	60	4,10	2,9	—	33,2	41,9	22,0
Торф+10% ксилозы	60	4,36	3,4	—	16,3	59,6	20,7
Торф	70	4,12	9,7	—	23,5	44,8	22,0
Торф+5% ксилозы	70	3,95	15,2	—	13,7	46,3	24,8
Торф+10% ксилозы	70	3,73	19,3	—	9,1	44,3	27,3
Торф	75	4,15	12,0	—	14,2	48,7	25,1
Торф+5% ксилозы	75	4,13	19,9	—	8,2	44,1	27,8
Торф+10% ксилозы	75	3,85	25,2	—	3,6	43,1	23,1
Торф	80	4,51	23,1	—	1,3	47,1	28,5
Торф+5% ксилозы	80	4,16	26,0	—	1,7	37,0	35,3
Торф+10% ксилозы	80	3,98	25,9	—	2,7	35,7	35,7

\* По разности.

ко ускоряется и торф обогащается собственными моносахаридами, в результате чего действие добавки сглаживается. Влияние ксилозы наиболее заметно при хранении осокового торфа с месторождения «Смолянка», отличающегося высоким содержанием аминного азота. Это связано, по-видимому, с повышенной термоустойчи-

востью легкогидролизуемых полисахаридов при более высокой степени разложения торфа (40—45%) и с низким содержанием в них наиболее реакционного углевода — ксилозы.

Результаты исследований отдельных форм азота после хранения осокового торфа с различным содержанием аминного азота и добавками углеводов, приведенные в табл. 27, еще раз убедительно показывают роль аминного азота как основного источника образования подвижных форм азота при хранении торфа. В интервале температур ниже 80°C добавка моносахаридов, способствуя интенсивному течению меланоидиновой реакции, ускоряет распад аминного азота и накопление аммиака. С повышением количества ксилозы в смеси с торфом от 5 до 10% скорость распада аминокислот возрастает. При этом в среднем 60% аминного азота переходит в легкогидролизуемые соединения, в которых аммиака более 65%. Углеводы в смеси с торфом способствуют закреплению азота в виде сложных органических соединений, негидролизуемых 20%-ной соляной кислотой, что отмечалось нами ранее при термоллизе смесей аминокислот и углеводов [93]. Накопление сложных органических азотсодержащих соединений согласуется с увеличением выхода гуминовых кислот. После 30 дней хранения при 70°C содержание гуминовых кислот в исходном торфе (степень разложения 20—25%) упало от 41,3 до 37,7%, а при хранении смеси торфа с 10% ксилозы возросло до 45,9% на ОВ исходного торфа.

Результаты исследования количества и состава аминокислот и углеводов в осоковом торфе (степень разложения 30%) после 40 дней хранения (табл. 28 и 29), а также термографический анализ подтверждают, что предложенная методика лабораторных опытов хорошо воспроизводит химические процессы, имеющие место при хранении торфа в штабелях. Термогидролиз углеводов с образованием моносахаридов четко проявляется при 75—80°C и значительно ускоряется при 85°C. Образующиеся моносахариды принимают активное участие в протекающих химических реакциях, в результате чего их содержание снижается. При 85°C, когда скорость меланоидиновой реакции значительно возрастает [9], сумма моносахаридов в торфе после 40 дней хранения падает на 25%. Наиболее активно участвуют в протекающих

## Изменение содержания моносахаридов в гидролизатах при хранении торфа в лабораторном опыте, % на ОВ

Моносахариды в гидролизатах	Исходный торф	Температура хранения, °С				
		50	70	75	80	85
<i>Водная вытяжка</i>						
Ксилоза	—	—	—	—	—	0,3
Арабиноза	—	—	—	0,1	0,3	0,3
Глюкоза	—	—	—	—	—	0,3
Сумма	—	—	—	0,1	0,3	0,9
PВ	0,3	0,4	0,5	0,7	1,3	2,3
<i>Водный инверт</i>						
Ксилоза	0,2	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6
Арабиноза	0,3	0,4	0,6	0,5	0,7	0,7
Рамноза	—	—	—	0,3	0,4	0,3
Галактоза	—	—	—	—	—	0,4
Глюкоза	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9
Сумма	1,0	1,3	1,6	1,8	2,2	2,9
PВ	1,0	1,3	1,6	1,9	2,5	3,5
<i>Гидролизат 2%-ной соляной кислотой</i>						
Ксилоза	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	0,8
Арабиноза	1,9	1,7	1,6	1,1	1,1	0,7
Рамноза	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	—
Галактоза	1,1	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4
Глюкоза	1,5	1,6	1,1	1,4	1,2	1,0
Сумма	6,8	6,1	5,1	4,6	4,1	2,9
PВ	8,3	8,8	7,7	6,2	6,0	4,0
<i>Сумма моносахаридов</i>						
Ксилоза	2,0	1,9	1,9	1,6	1,5	1,4
Арабиноза	2,2	2,1	2,2	1,6	1,8	1,4
Рамноза	0,5	0,3	0,2	0,5	0,6	0,3
Галактоза	1,1	1,0	0,8	0,7	0,5	0,8
Глюкоза	2,0	2,1	1,6	2,0	1,9	1,9
<i>Общая сумма</i>						
Моносахари- ды	7,8	7,4	6,7	6,4	6,3	5,8
PВ	9,3	10,1	9,3	8,1	8,5	7,5

Изменение содержания  $\alpha$ -аминокислот при хранении торфа в лабораторном опыте, мг/100 г ОВ

$\alpha$ -Аминокислоты	Исходный торф	Температура хранения, °С				
		50	70	75	80	85
Прелин	877	875	867	825	703	642
Лейцины	740	688	694	675	623	459
Глутаминовая	720	729	723	653	637	607
Глицин	489	469	445	395	360	339
Аспарагиновая	714	713	692	516	464	382
Валин	388	371	370	379	343	311
Аланин	399	320	386	363	364	324
Треонин	624	628	565	540	485	440
Серин	439	449	440	387	368	342
Фенилаланин	557	555	550	554	511	429
Гистидин	255	255	233	194	178	143
Лизин	265	254	211	177	160	114
Аргинин	279	270	253	196	165	121
Тирозин	135	125	123	85	75	63
Цистеин	102	104	86	75	65	59
Сумма аминокислот, % на ОВ	7,0	7,0	6,6	6,0	5,5	4,8

реакциях пентозы — арабиноза и ксилоза, количество которых снижается на 40%. Распад углеводов сопровождается накоплением редуцирующих веществ неуглеводного характера.

При температуре ниже 75 °С в отсутствие моносахаридов содержание аминокислот так же, как и при хранении торфа в штабелях, мало изменяется и аммиак образуется медленно. Значительные потери аминокислот отмечены при 80 и 85 °С, когда гидролиз гемицеллюлоз протекает довольно быстро и сопровождается увеличением аммиака в результате меланоидиновой реакции.

Термограммы торфа (рис. 15), подвергнутого изменениям в лабораторном опыте, сходны с термограммами торфа после саморазогревания в штабелях. На термограмме торфа, хранившегося при 50 °С, четко проявляется экзотермический эффект при 305 °С, соответствующий термораспаду легкогидролизуемых углеводов, и эндотермический пик при 780 °С, обусловленный превращением минеральной части [104—106]. По мере повышения температуры хранения величина экзoeffекта при 305 °С постепенно снижается, а при температуре в термостате

85 °С он почти исчезает, что указывает на деструкцию легкогидролизуемых углеводов торфа. Одновременно на термограммах появляются эндозффекты при 235 и 770—780 °С, обусловленные термораспадом солей карбоновых кислот. Это указывает на то, что в лабораторных опытах так же, как и при хранении торфа в штабелях, происходит окислительная деструкция углеводов с образованием карбоновых кислот, которые, взаимодействуя с гуматами, образуют соли.

Обобщение материалов наблюдений за производственными штабелями, а также сопоставление их с результатами лабораторных опытов позволяет сделать некоторые рекомендации. Так как остатки белковых веществ растений-торфообразователей — основной источник образования подвижных форм азота при хранении торфа, то при оценке перспективности использования торфяных месторождений наряду с содержанием общего азота в торфе следует определять аминный азот. В процессе хранения в усвояемые растениями легкогидролизуемые азотсодержащие вещества переходит 60—65% аминного азота и при содержании последнего — 1,1—1,2% на ОВ, количество легкогидролизуемого азота в торфе после хранения может достичь 0,6—0,7%, а аммиака в том числе — 0,4—0,5% на ОВ. Такой торф целесообразно использовать не только как органическое удобрение, но и для прямого внесения на поля в качестве азотного питания для растений. При разработке направленных технологических приемов, обеспечивающих максимальное накопление подвижных форм азота в процессе хранения, необходимо учитывать, что при достаточной аэрации продолжительность хранения торфа при температуре 50 °С должна составлять не менее 6 месяцев, при 70—75° — не менее 3—4 месяцев, а при 80—85 °С — около 2 месяцев. При этом также следует принять во внимание время инкубационного периода. Снижение влажности торфа, добываемого для нужд сельского хозяйства с 55—60 до 45—50%, обуславливая повышенную интенсивность саморазогревания, будет содействовать накоплению подвижных форм азота и повышению качества торфа как удобрения. Полученные материалы теоретически обосновывают для интенсификации процесса мобилизации азота торфа использование продуктов с высоким содержанием легкогидролизуемых углеводов. Это практически

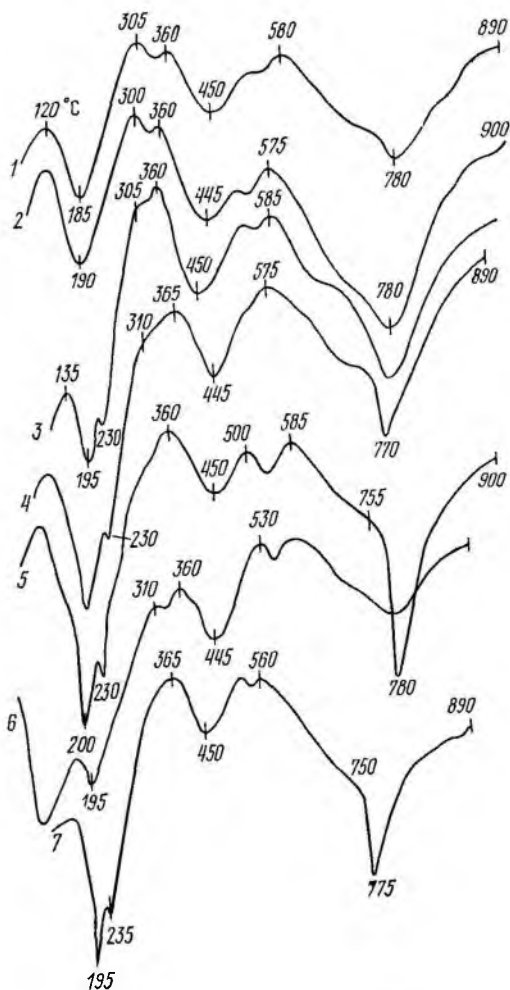


Рис. 15. Термограммы осокового торфа после лабораторных опытов по мобилизации азота при хранении: 1—хранение с постоянной влажностью при 50 °С; 2 — то же при 70 °С; 3 — то же при 75 °С; 4 — то же при 80 °С; 5 — то же при 85 °С; 6 --- хранение без доступа воздуха при 80 °С; 7 — хранение без увлажнения при 80 °С

осуществляется при компостировании торфа с люпином и нашло отражение в рекомендациях БелНИИ почвоведения и агрохимии о добавке 10% свежих растительных остатков к складированному торфу [72]. Как следует из полученных материалов, растительные остатки наиболее целесообразно добавлять к торфу высокой степени разложения с низким содержанием легкогидролизуемых углеводов (тростниковые, древесно-тростниковые и древесные виды торфа). Следует особо отметить, что для накопления аммиака в производственных штабелях в связи с длительным периодом хранения (не менее 5—6 месяцев) наиболее оптимальна температура 60—70 °С.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТОРФА КАК УДОБРЕНИЯ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ

Процесс саморазогревания торфа при хранении в штабелях — один из возможных путей обогащения его подвижными формами азота. Однако накопление последних происходит неравномерно по всему сечению штабеля, что связано с интенсивностью саморазогревания и условиями аэрации [3]. Следовательно, в технологию хранения торфа, добываемого в качестве удобрений для сельского хозяйства, необходимо внести такие изменения, которые позволили бы равномерно активизировать во всем объеме штабеля максимальное количество азота.

Известно, что фрезерный торф состоит из трех составляющих компонентов — твердого вещества, влаги и воздуха и при уборке обычно имеет объемную плотность в пределах 180—400 кг/м<sup>3</sup>. В единице такого торфа воздух занимает 50—90% объема, что свидетельствует о его значительной пористости, большой площади контакта торфяных частиц с воздухом и высокой воздухопроницаемости. Существующие приемы складирования торфа создают неравномерный фракционный состав по сечению штабеля, тем самым изменяя воздухопроницаемость и доступ воздуха, что в конечном итоге приводит к неравномерному разогреванию торфа в штабеле. Исследованиями установлено, что в процессе штабелевания торф частично сепарируется машиной ОФ (рис. 16). В результате у подошвы штабеля с нерабочей стороны накапливаются частицы размером более 2 мм. Значительный воздухообмен с окружающей средой снижает количество тепла в этой зоне. Кроме того, отсутствие достаточного количества мелких фракций уменьшает развернутую поверхность и тем самым снижает интенсивность экзотер-



мических окислительных процессов. По мере удаления от подошвы вверх по откосу штабеля удельное содержание фракции торфа размером больше 2 мм снижается, соответственно этому несколько уменьшается воздухопроницаемость торфа, но возрастает развернутая поверхность частиц, а следовательно, площадь контакта с торфом кислорода воздуха. Все это способствует развитию автотермических окислительных процессов, сопровождающихся выделением тепла. Так как торф имеет

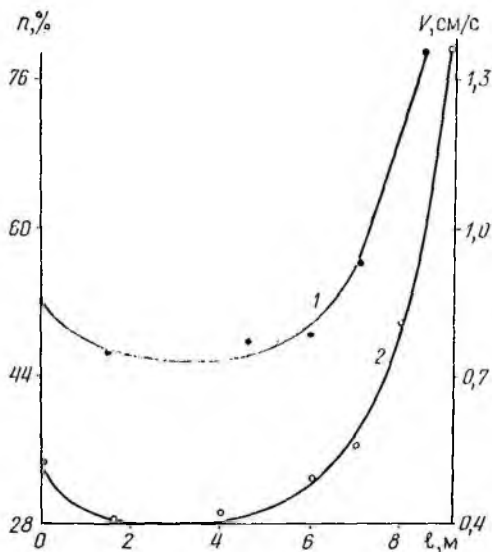


Рис. 16. Зависимость воздухопроницаемости торфа ( $V$ ) и содержания фракций больше 2 мм ( $n$ ) от расстояния по откосу ( $l$ ) до подошвы штабеля со стороны валового канала: 1 — воздухопроницаемость; 2 — содержание фракций больше 2 мм

низкую теплопроводность, теплоотдача в летний период происходит только с глубины до 0,4 м, а в зимний — до 0,7 м. На большей глубине экзотермические окислительные процессы приводят к накоплению тепла. Наблюдения показывают, что кислород воздуха проникает в штабель на глубину до 2 м и поглощается в так называемой «активной зоне», где протекает наиболее интенсивное саморазогревание, о чем свидетельствуют значительные

потери органического вещества при длительном хранении торфа.

С рабочей стороны штабеля процесс саморазогревания торфа протекает менее активно. Это явление Ю. Д. Введенский, В. Ф. Ладутько [107, 108] объясняют постепенным наложением свежего торфа на рабочий откос, что обуславливает в нижележащих слоях анаэробные условия, которые препятствуют развитию экзотермических процессов. По нашему мнению, это не совсем так, поскольку на торцы штабеля постоянно добавляется свежий торф, а саморазогревание в них протекает активно и часто появляются даже очаги самовозгорания. Исследования, выполненные нами, показывают, что торможение развития саморазогревания на рабочих откосах штабелей связано с уплотняющим действием штабеляющей машины. Расчетом, основанным на методе теории упругости, установлено, что на глубине 0,1 м нормальные напряжения с рабочей стороны штабеля, вызванные уплотняющим действием самотаски, более чем в три раза превышают напряжения с нерабочей стороны [109]. Результаты наблюдений подтверждают теоретический расчет уплотняющего действия самотаски штабеляющей машины с уборочной стороны, в то время как с нерабочей стороны торф уплотняется только под действием собственного веса. Так, объемная плотность в штабелях осокового торфа на торфопредприятиях «Смолевичское» и «Чистик» со стороны валового канала колебалась при влажности 44—46% от 432 до 461 кг/м<sup>3</sup>, а с рабочей стороны — от 470 до 495 кг/м<sup>3</sup>. Увеличение объемной плотности торфа происходит за счет снижения его пористости и ведет соответственно к уменьшению воздухопроницаемости (рис. 17).

В связи с изложенным при применении существующей технологии добычи и хранения торфа не достигается равномерного прогревания всего добытого торфа с целью максимального расшатывания связанного азота. Следовательно, в технологию добычи фрезерного торфа для использования его в качестве высокоэффективного органического удобрения необходимо внести такие изменения, которые позволили бы равномерно прогреть весь торф, находящийся в штабеле, т. е. пропустить через зону максимальной температуры саморазогревания возможно большее количество торфа,  $V_t/V \rightarrow 1$ , где  $V_t$  —

объем торфа, прошедшего через зону максимального саморазогревания;  $V$  — объем всего торфа в штабеле.

Учитывая, что зона максимального саморазогревания обычно образуется вдоль откоса на глубине 0,5—2,0 м, возможны два варианта решения поставленной задачи:

1. Складирование торфа по схеме, применяемой в настоящее время промышленностью. В случае саморазогревания такие штабеля необходимо периодически передвигать с тем, чтобы через зону максимальной температуры пропустить возможно больший объем торфа.

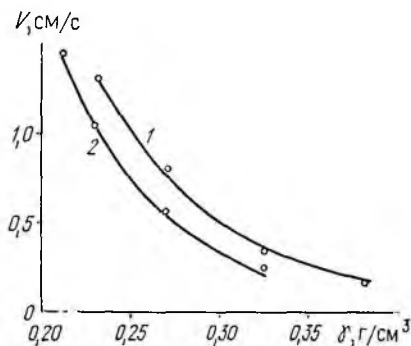


Рис. 17. Зависимость воздухопроницаемости ( $V$ ) от объемной плотности ( $\gamma$ ): 1, 2 — относительная влажность 45,9 и 26,6% соответственно

2. Хранение торфа в складочных единицах высотой менее 7 м, т. е. уменьшенных размеров по сравнению с промышленными штабелями. Эта схема предлагается на основании данных о расположении зоны максимального саморазогревания — вдоль поверхности штабеля. Следовательно, площадь этой зоны должна находиться в прямо пропорциональной зависимости от площади поверхности штабеля. Увеличивая последнюю, можно тем самым повысить объем торфа, находящегося в зоне максимального саморазогревания. Расчет показывает, что общая поверхность складываемого торфа возрастает при формировании большого количества низких штабелей. Определяем зависимость площади поверхности штабелей от их высоты. За исходный объем принимаем объем торфа, заключенный в штабеле высотой  $H$  (рис. 18):

$$V = 1/3(2H/\operatorname{tg} \alpha_0)^2 H + H^2/\operatorname{tg} \alpha_0(L - 2H/\operatorname{tg} \alpha_0). \quad (1)$$

После преобразования получим

$$V = H^2(3L \operatorname{tg} \alpha_0 - 2H)/3\operatorname{tg}^2 \alpha_0. \quad (2)$$

Используя выражение (2), определим объем штабеля высотой  $H$ :

$$V_1 = h^2(3L \operatorname{tg} \alpha_0 - 2h)/3\operatorname{tg}^2 \alpha_0. \quad (2')$$

Определим количество штабелей высотой  $H$ , необходимых для складирования объема торфа  $V$ , при условии  $h < H$ :

$$n = H^2(3L \operatorname{tg} \alpha_0 - 2H)/h^2(3L \operatorname{tg} \alpha_0 - 2h). \quad (3)$$

Определим площадь штабеля высотой  $h$ :

$$S_0 = 4 \cdot 1/2 \cdot 2h/\operatorname{tg} \alpha_0 \cdot h/\sin \alpha_0 + 2h/\sin \alpha_0(L - 2h/\operatorname{tg} \alpha_0). \quad (4)$$

После преобразования окончательно имеем

$$S_0 = 2hL/\sin \alpha_0. \quad (4')$$

Тогда площадь поверхности штабелей равна

$$S = nS_0 = 2LH^2(3L \operatorname{tg} \alpha_0 - 2H)/h \sin \alpha_0(3L \operatorname{tg} \alpha_0 - 2h). \quad (5)$$

Из полученной зависимости (5) видно, что  $s = f(h)$ . Подставив в (5) вместо  $h$  соответственно 2, 3, 4, ..., 7, получим зависимость развернутой поверхности штабеля от высоты (рис. 19).

Приведенные результаты показывают, что снижением высоты складочных единиц можно увеличить их поверхность более чем в три раза. Следовательно, примерно во столько же раз должна возрасти и зона максимально-

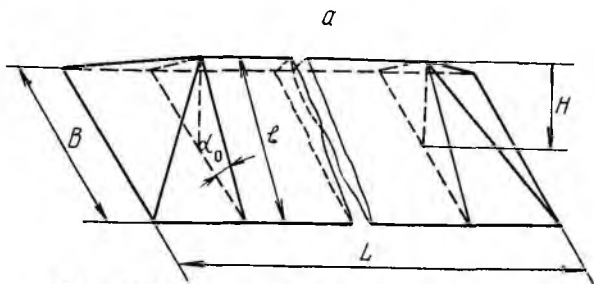


Рис. 18. Схема штабеля фрезерного торфа

го саморазогревания, где интенсивнее всего возрастает содержание подвижных форм азота. Из изложенного можно заключить, что интерес представляют исследования эффективности как периодических передвижек шта-

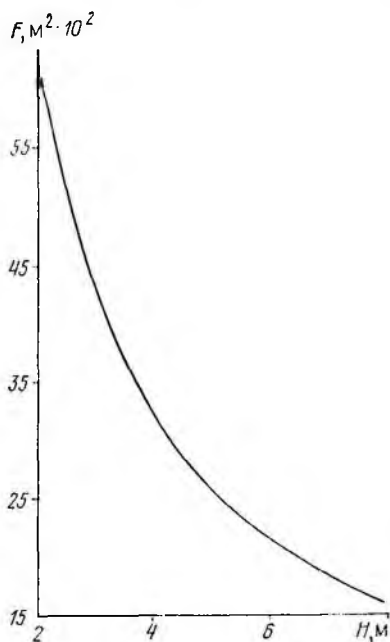


Рис. 19. Зависимость общей поверхности штабеля ( $F \text{ м}^2 \times 10^2$ ) от высоты штабеля (H) при постоянном объеме

белей, так и хранения торфа в складочных единицах уменьшенной высоты с целью обогащения его подвижными формами азота.

#### ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА ЗАКЛАДКИ ОПЫТОВ

Проверка возможных технологических приемов уборки и хранения торфа для улучшения качества его как удобрения осуществлялась на торфопредприятиях «Смолевичское» (участок 4, площадки 16, 17), «Чистик» (участок 1, площадки 10, 11) и имени XXIII съезда

КПСС. Были подобраны поля со склонными к саморазогреванию видами торфа и на них заложены опытные и контрольные штабеля. Характеристика исследуемых торфов дана в табл. 30.

Разовая передвижка штабелей производилась на глубину 1,5—1,8 м на основании данных о расположении зоны максимальной температуры при саморазогревании и исходя из условий прогревания торфа на протяжении не менее 25 дней. Температурный контроль осуществлялся периодически через 5—10 дней с помощью термодатчиков, заложенных в штабеля.

Первая передвижка опытных штабелей в сторону от валового канала сделана в середине июля 1973 г. на торфопредприятии имени XXIII съезда КПСС и в начале августа 1973 г. на «Смолевичском». Максимальная температура в этих штабелях 77 и 67°C. Повторная передвижка выполнена соответственно в конце сентября и начале октября 1973 г. при максимальной температуре 74 и 66°C. В 1974 г. на торфопредприятии имени XXIII съезда КПСС были повторены опыты по выявлению эффективности применения передвижек штабелей торфа для равномерного увеличения содержания подвижных форм азота. Так как сезон 1974 г. был неблагоприятным для развития процесса саморазогревания (холодное и дождливое лето), опытный штабель был передвинут один раз в октябре при максимальной температуре 72°C. Во всех случаях перед очередной передвижкой штабелей и при

Таблица 30  
Характеристика торфа в опытных штабелях

Торфопредприятие	Торф, степень разложения, %	Азот	
		общий, % на ОВ	аммиачный, мг/100 г АСВ
Имени XXIII съезда КПСС «Смолевичское», участок 4, площадка 17	Древесно-осоковый—30—35	2,25	19
	Древесно-осоковый—25	2,6	16
участок 16 «Чистик», участок 1, площадка 10	Осоковый—30	2,4	12
	Осоковый—25	2,85	11
площадка 11	Тростниково-осоковый—25—30	3,2	13

вывозке торфа отбирались пробы для определения содержания аммиачного азота и установления эффективности применения этого технологического приема.

Влияние размеров складочных единиц и сроков хранения на активизацию азота торфа устанавливалось на торфопредприятиях «Чистик» (участок 1, площадки 11, 10) и «Смолевичское» (участок 4, площадки 17, 16).

Проверялись две схемы хранения торфа в штабелях уменьшенной высоты:

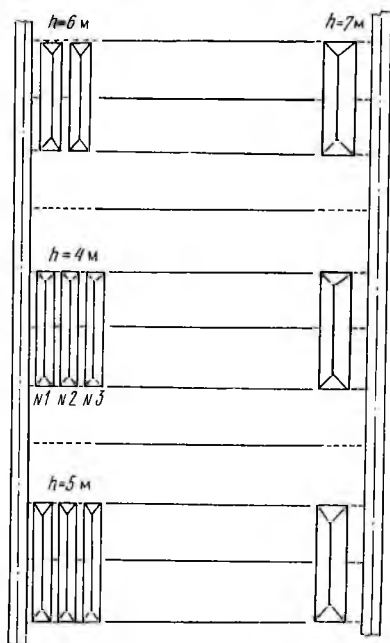


Рис. 20. Схема I складирования торфа в штабеля уменьшенной высоты

Схема I — после отсыпки штабеля высотой  $h$  рядом закладывали следующую складочную единицу такой же высоты и так до конца сезона (рис. 20).

Схема II — начальная стадия аналогична схеме I, но после достижения вторым штабелем высоты  $h$  его пересыпали в первый, рядом закладывали новую складочную единицу и при достижении ею высоты  $h$  пересыпали в первый и т. д. (рис. 21).

Первая схема испытывалась на торфопредприятиях «Чистик» (участок 2, площадка 10) и «Смолевичское» (участок 4, площадка 17), а вторая — соответственно на площадках 10 и 16 тех же торфопредприятий. Температурный контроль в опытных и контрольных штабелях осуществлялся через 7—10 дней.

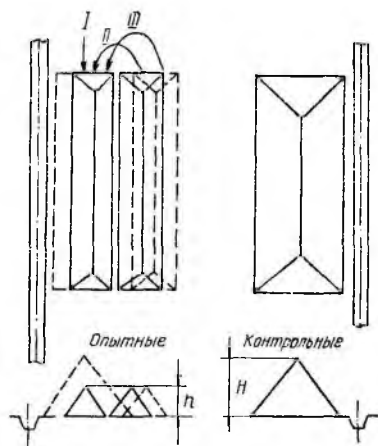


Рис. 21. Схема II складирования торфа в штабеля уменьшенной высоты

Эффективность применения такой технологии оценивалась по данным анализов проб торфа, отобранных из опытных и контрольных штабелей по схемам, показанным далее. Пробы отбирались на расстоянии 0,5—1,0 м друг от друга по глубине, расстояния по горизонтали — 2 м, считая по откосу штабеля.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ НЕКОТОРЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ УБОРКИ  
И ХРАНЕНИЯ ТОРФА ПО ПОВЫШЕНИЮ  
СОДЕРЖАНИЯ В НЕМ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ АЗОТА**

**Влияние передвижек штабелей  
на мобилизацию азота торфа**

Известно, что применение периодических передвижек для предупреждения образования «полукокса» и самовозгорания торфа приводит к снижению максимальной



температуры саморазогревания на 20—30°. Однако вскоре после передвижек экзотермические процессы возобновляются, и через 20—25 дней в штабелях опять устанавливается довольно высокая температура [108].

На основании этих данных, а также данных о влиянии времени на активизацию азота торфа при тепловом воздействии [120] можно заключить, что в зависимости от температуры саморазогревания очередную передвижку штабелей следует проводить не ранее чем через 35—40 дней. Так как этот технологический прием можно начать только в конце сезона добычи и закончить с наступ-

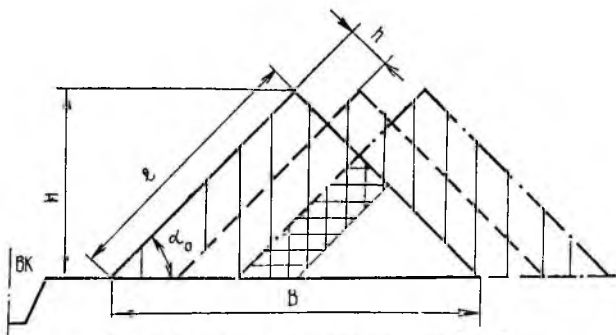


Рис. 22. Схема передвижки штабелей

лением холодов, его продолжительность ограничивается 80—85 днями. За этот период можно выполнить не более двух передвижек.

Полученный вывод подтверждается и следующим расчетом. Исходя из данных о величине и расположении зоны максимального саморазогревания, рассчитаем количество передвижек (рис. 22), которые позволяют пропустить через эту зону возможно больше торфа при условии  $C = V_m/V \rightarrow 1$ , где  $C$  — коэффициент охвата торфа саморазогреванием;  $V$  — объем торфа в штабеле.  $V \cong FL_1$ , а  $F = 1/2 BH$ , где  $F$  — площадь поперечного сечения штабеля, м<sup>2</sup>;  $B$  — ширина штабеля, м;  $H$  — высота штабеля. Учитывая, что  $B = 2H/\text{tg}\alpha$ , получим  $F = H^2/\text{tg}\alpha_0$ , где  $V_m$  — объем торфа, прогретого в штабеле после  $m$  передвижек. Определяем объем торфа, охваченного саморазогреванием после первой передвижки:  $V_1 = [lh + (1-h)h + (1-2h)h]L$  или  $V_1 = Lh[1 + (1-h) + (1-2h)]$ , где  $l$  — длина откоса штабеля, м;  $h$  — высота слоя торфа, снимаемого

самотаской машины ОФ, м. Дополнительный объем торфа, охваченного саморазогреванием после второй передвижки,  $\Delta V_2 = (1-3h)hl$ . Следовательно, весь объем торфа, охваченный саморазогреванием после второй передвижки,  $V_2 = V_1 + \Delta V = Lh[1 + (1-h) + (1-2h) + (1-3h)]$ . В квадратных скобках имеем сумму, общий член которой можно представить в виде  $1 - (n-1)h$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$  — порядковый номер члена. Следовательно, конечную сумму для  $n$  членов можно представить в виде  $\sum_{n=1}^n [1 - (n-1)h]$ . Замечаем, что при одной передвижке  $n=3$ , при двух передвижках  $n=4$  и т. д. Следовательно,  $n = m+2$ , где  $m$  — количество передвижек. Тогда при  $m$  передвижках объем торфа, прогретого в штабеле,  $V_m = Lh \sum_{n=1}^{m+2} [1 - (n-1)h]$ . Так как  $l = H/\sin \alpha_0$ , то

$$V_m = Lh \sum_{n=1}^{m+2} [H/\sin \alpha_0 - (n-1)h].$$

Определяем коэффициент охвата саморазогреванием при передвижках  $C = V_m/V$ . Или в конечном виде  $C =$   
 $= \{h \operatorname{tg} \alpha_0 \sum_{n=1}^{m+2} [H/\sin \alpha_0 - (n-1)h]\} / H^2$ .

Количество передвижек при данной высоте штабеля можно определить исходя из рекомендуемого коэффициента охвата по формуле  $\{h \operatorname{tg} \alpha_0 \sum_{n=1}^{m+2} [H/\sin \alpha_0 - (n-1)h]\} / H^2 \geq$   
 $\geq [C]$ .

Из полученного выражения видно, что коэффициент охвата саморазогреванием зависит от высоты штабеля. Расчетное количество передвижек при коэффициенте охвата  $[C] = 0,95$  для штабелей высотой 4,6 и 8 м равно соответственно 1,2 и 3.

Для суждения о влиянии передвижек на образование подвижных форм азота при хранении торфа на торфопредприятиях имени XXIII съезда КПСС и «Смолевичское» из опытных и контрольных штабелей перед каждой передвижкой и при вывозке были отобраны пробы торфа, в которых определялось содержание аммиачного азота.

Таблица 31

Характеристика проб торфа в контрольном и передвинутом штабелях на торфопредприятии имени XXIII съезда КПСС

Номер точки	Контрольный штабель				Передвинутый штабель					
	температура, °С		аммиачный азот, мг/100 г АСВ		температура, °С			аммиачный азот, мг/100 г АСВ		
	отбор									
	1-й	2-й	1-й	2-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
1	59	65	53	188	—	70	—	—	267	163
2	68	67	207	170	—	76	58	—	350	176
3	75	77	265	203	59	76	64	175	214	190
4	76	79	191	171	62	76	63	206	176	160
5	79	76	203	201	77	77	61	221	196	194
6	79	64	284	217	69	80	60	283	278	236
7	80	74	366	328	59	77	58	175	278	324
8	80	67	300	257	—	72	64	—	270	333
9	52	—	144	—	—	74	59	—	330	367
10	64	62	239	203	41	66	52	95	294	200
11	69	72	247	187	42	67	80	135	217	263
12	72	71	218	197	51	72	62	154	188	274
13	74	64	233	237	60	74	64	251	198	194
14	73	66	254	192	54	75	50	142	283	192
15	55	56	139	145	—	64	56	—	181	199
16	63	63	208	187	40	66	60	193	276	281
17	68	68	209	204	48	71	66	167	292	217
18	64	66	213	197	46	68	—	—	200	—
19	52	—	138	—	—	55	—	—	271	—
20	60	63	132	180	40	65	60	190	274	279

Характеристика проб по предприятиям приведена соответственно в табл. 31 и на рис. 23. Анализ данных таблицы показывает, что применение передвижек на торфопредприятии имени XXIII съезда КПСС в 1973 г. способствовало повышению содержания аммиачного азота во внутренней части штабеля. В сентябре (2-й отбор) в передвинутом штабеле его содержание на глубине 3—4 м под коньком и со стороны поля было выше, чем в контрольном (точки 17, 18, 20, 21). Более высокое содержание аммиака было и в нижней части штабеля со стороны поля в результате переброски на эту сторону во время передвижки части торфа со стороны валового канала (точки 1, 2, 3, 10). У поверхности штабеля на глубине 1 м количество азота в передвинутом штабеле почти достигло тех же значений, что и в контроле. Примерно такая

же картина сохранилась и к моменту вывозки (3-й отбор).

Во внутренней части передвинутого штабеля на глубине 3—4 м содержание аммиачного азота было выше, чем в контрольном (точки 17, 18, 20), а со стороны валового канала оно повысилось на глубине 1 м от поверхности (точки 7, 8, 9, 11). В целом среднее содержание аммиачного азота в передвинутом штабеле после первой передвижки составило 252 кг/100 т АСВ, а после вто-

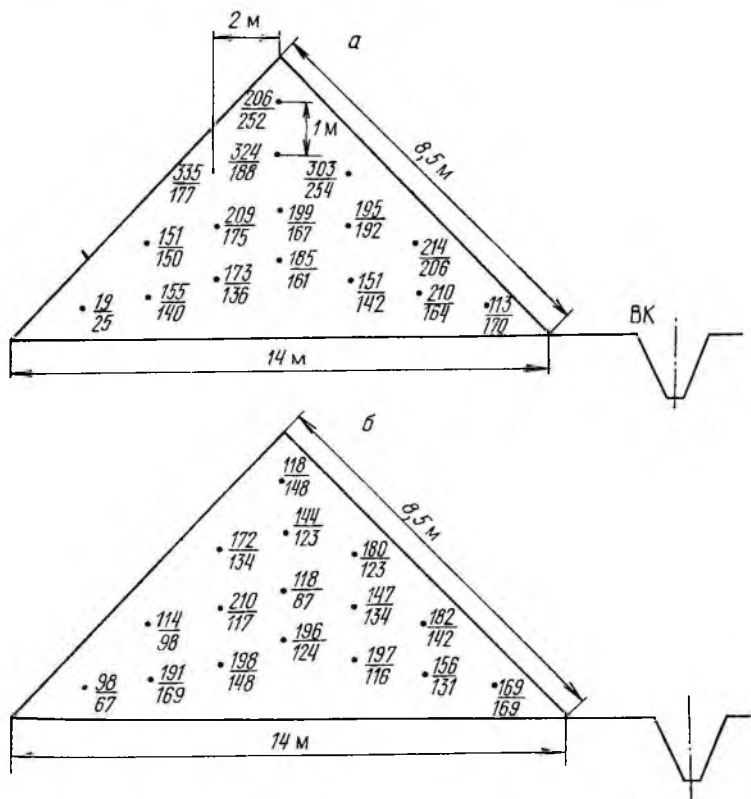


Рис. 23. Распределение аммиачного азота (мг/100 г АСВ) в передвинутых (числитель) и контрольных (знаменатель) штабелях к моменту вывозки: а — торфопредприятие «Смолевичское»; б — торфопредприятие им. XXIII съезда КПСС

рой — 236 кг, в то время как в неподвижном штабеле — соответственно только 212 и 204 кг/100 т АСВ.

Таким образом, благодаря применению передвижек среднее содержание аммиачного азота в штабеле повышалось примерно на 15%.

Основное количество аммиака образовалось в летний период, когда среднее содержание аммиачного азота по штабелю повысилось с 179 кг в июле до 212—251 кг/100 т АСВ в сентябре.

В зимний период образование аммиачного азота замедляется и отмечается некоторая тенденция к снижению его содержания, хотя процессы нитрификации нами не наблюдались. Это положение необходимо учитывать при установлении продолжительности хранения и сроков вывозки торфа.

На торфопредприятии «Смолевичское» в 1973 г., несмотря на сравнительно низкую температуру (45—58 °С) и отсутствие зоны интенсивного саморазогревания с температурой 75 °С, применение передвижек также способствовало более равномерному распределению аммиачного азота по всему сечению штабеля (рис. 23, а). Переброска торфа от валового канала на поверхность штабеля со стороны уборки приводила к мобилизации в нем азота. Поэтому в результате передвижки исчезла зона с содержанием аммиачного азота 35—38 мг/100 г АСВ и количество его во внутренней части штабеля значительно увеличилось. По всей внутренней части штабеля, на глубине 2—4 м (точки 9, 15), концентрация аммиака в передвинутом штабеле составляла 155—210 мг/100 г АСВ и была выше, чем в контроле. К моменту вывозки среднее содержание аммиачного азота в передвинутом штабеле превысило таковое в контроле на 20% и составило соответственно 201 и 161 кг/100 т АСВ.

Повторная проверка эффективности применения периодических передвижек штабелей фрезерного торфа для активизации азота показала, что, несмотря на неблагоприятные условия сезона 1974 г. и относительно низкую температуру разогревания ( $t_{\max} = 72^\circ\text{C}$ ), этот технологический прием способствует снижению влажности и мобилизации азота торфа. На торфопредприятии имени XXIII съезда КПСС в пересчете на торф натуральной влажности в конце сезона содержание азота в контрольном штабеле составило 64 кг/100 т АСВ, в передвину-

том — в 1,5 раза больше, или 106 кг/100 т АСВ. Обращает внимание более равномерное распределение аммиачного азота по всему сечению передвинутого штабеля, где его содержание колеблется от 126 до 198 кг/100 т АСВ и только в одной точке сечения у поверхности падает ниже 100 кг/100 т АСВ. В то же время в нижней части контрольного штабеля содержание аммиачного азота на глубине 2—3 м почти во всех точках составляло только 40—70 кг/100 т АСВ. Установлено, что, несмотря на некоторое охлаждение опытного штабеля во время передвижки, происходящие в нем автотермические процессы и дополнительная аэрация способствовали дальнейшему повышению содержания аммиачного азота. Поэтому и к моменту вывозки этого торфа сохранилось различие в содержании подвижных форм азота в контрольном и передвинутых штабелях (рис. 23, б). Так, в пересчете на торф натуральной влажности среднее содержание аммиачного азота в контрольном составило 77 кг/100 т, а в передвинутом — 116 кг/100 т АСВ.

### Хранение торфа в малых складочных единицах

При хранении торфа в складочных единицах уменьшенной высоты интерес представляют следующие схемы:

Первая схема. Последовательная (к полям добычи) отсыпка штабелей низкой высоты (см. рис. 20). В этом случае торф находится в штабеле первоначального формирования максимальное время. В промышленности торф хранится обычно в складочных единицах высотой 7—8 м, которые создаются с 11 мая по 31 августа (для условий Минской области), т. е. почти четыре месяца. В случае складирования торфа в более низких штабелях, например высотой 4 м, на протяжении сезона их будет заложено почти четыре единицы, что видно из следующего расчета:  $F = fn$ , где  $F$  — площадь сечения штабеля обычной высоты  $H$ ;  $f$  — площадь сечения штабеля уменьшенного размера  $h$ ;  $n$  — количество малых штабелей. При  $H = 8$  м и  $h = 4$  м получим  $n = 8^2/4^2 = 4$  шт. Следовательно, формирование одного такого штабеля происходит примерно за один месяц. Прекращение поступления свежего торфа в эти штабеля приводит к активизации биохимических процессов, что способствует расшатыва-

нию общего азота. Причем если после сезона добытый торф хранится  $K$  месяцев, то в первом штабеле он находится  $(K+3)$ , во втором —  $(K+2)$ , в третьем —  $(K+1)$ , что может привести к значительным превращениям вплоть до самовозгорания. Для исключения этого явления нами предусматривалось после окончания сезона торфодобычи все последующие складочные единицы передвигать на штабель 1. Описанный способ хранения торфа требует увеличения подштабельной полосы, так как площадь, занимаемая торфом в малых складочных единицах, всегда больше, чем в обычных штабелях, т. е.  $B < nb$ .

Вторая схема. Начало складирования торфа по этой схеме (см. рис. 21) аналогично описанной выше, т. е. отсыпают штабель 1, затем рядом штабель 2, который после достижения нужной (например, 4 м) высоты пересыпают в штабель 1 и так до конца сезона. Эта схема позволит выдерживать торф в складочной единице без добавления свежего на протяжении примерно одного месяца, что будет способствовать развитию здесь биохимических экзотермических процессов, приводящих к повышению аммиачного азота. Подштабельная полоса для хранения торфа по этой схеме такая же, как и при периодических передвижках штабелей.

Проверка эффективности активизации азота торфа при хранении в малых складочных единицах (схема I) осуществлялась на торфопредприятиях «Чистик» (участок 1, площадка 11) и «Смолевичское» (участок 4, площадка 17), а схемы II — соответственно на площадках 10 и 16. Для установления оптимальных условий мобилизации азота нами закладывались штабеля высотой 3,5—4,0, 5 и 6 м. Контролем служили производственные складочные единицы.

На торфопредприятии «Чистик» опытные штабеля высотой 3,5—4,0 и 5 м были заложены по схеме I — первые (считая от валового канала) с 3 мая по 15 июня, вторые по 13 июля, а третьи по 31 августа. Штабеля высотой 6 м — первый с 3 мая по 26 июня, а второй был сформирован к концу сезона. В дальнейшем опытные штабеля по времени их формирования будем именовать 1, 2, 3.

Процесс саморазогревания торфа в штабелях протекал довольно активно, и в июле в складочной единице

Температурный режим в опытных и контрольных штабелях торфопредприятия «Чистик»

Номер штабеля	Глубина от поверхности, м	Температура, °С									
		на откосах					по коньку				
		1.VII	17.VII	1.VIII	29.VIII	20.IX	1.VII	17.VII	1.VIII	29.VIII	20.VIII
1	0,5	60	68	63	67	65	69	78	74	78	73
	0,75	63	74	71	78	78	62	73	69	74	74
	1,0	61	75	72	78	79	63	68	66	69	70
	1,5	58	73	72	73	75	60	64	63	65	66
2	0,5	—	37	66	74	76	—	29	67	75	67
	0,75	—	30	61	72	74	—	30	69	80	82
	1,0	—	35	54	66	66	—	30	66	76	77
	1,5	—	34	41	61	65	—	30	55	74	74
3	0,5	—	—	—	38	68	—	—	—	31	69
	0,75	—	—	—	32	71	—	—	—	33	71
	1,0	—	—	—	33	66	—	—	—	30	67
	1,5	—	—	—	30	62	—	—	—	30	60
Контроль	0,5	—	—	50	56	72	—	—	50	55	69
	0,75	—	—	63	60	73	—	—	60	66	74
	1,0	—	—	61	62	65	—	—	58	63	70
	1,5	—	—	54	61	62	—	—	57	62	66

№ 1 максимальная температура достигла 75 °С. К концу сентября в штабелях первой очереди высотой 5 и 6 м образовался «полукокс», а 9 сентября первый из них самовозгорелся, и на него пришлось передвинуть штабеля второго и третьего формирования; 13 сентября появились очаги в штабеле 1 высотой 6 м, и он также был присыпан торфом добычи второй половины сезона. В штабелях высотой 3,5—4,0 м биохимические экзотермические процессы протекали довольно активно, однако из-за сравнительно высокого теплообмена с окружающей средой значительного накопления тепла в них не произошло.

В контрольном штабеле зона «полукокса» также отсутствовала, так как в него регулярно вносился свежесобраный торф. К концу сезона штабель имел высоту 7,5 м.

Как показали наблюдения, зона максимальной тем-



температуры саморазогревания находилась на глубине 0,5—1,5 м от поверхности штабеля. Данные о температурном режиме в штабелях высотой 3,5—4,0 м приведены в табл. 32, а о содержании аммиачного азота — в табл. 33. Из этих данных видно, что в штабеле 1 торф хранился более трех месяцев, из них под воздействием температуры выше 70 °С находился около двух месяцев, что способствовало значительной активизации азота — среднее содержание его увеличилось за этот период с 13 до 212 мг/100 г АСВ.

Торф штабеля 2 в складочной единице находился меньшее время. Температура саморазогревания в нем 70 °С, а среднее содержание аммиачного азота увеличилось до 182 мг/100 г АСВ. Штабель 3 был сформирован к концу сезона, температура в нем к моменту отбора проб достигла 70 °С. Активизация азота здесь наименьшая — 133 мг/100 г АСВ. В контрольном штабеле также образовалась зона температуры выше 70 °С, а среднее содержание аммиачного азота в нем повысилось до 137 мг/100 г АСВ.

Таким образом, количество обогащенного аммиаком торфа благодаря созданию складочных единиц уменьшенной высоты увеличилось в 2 раза, а среднее содержание аммиака — в 1,3 раза по сравнению с контрольным.

На торфопредприятиях «Чистик» и «Смолевичское» схема закладки штабелей различной высоты и сроки хранения одинаковы, но процесс саморазогревания на последнем протекал вяло: максимальная температура к моменту вывозки достигала только 54 °С и активизация азота протекала слабо, несмотря на аналогичные условия аэрации, что свидетельствует об определяющей роли температуры саморазогревания в расшатывании общего азота.

Проверка эффективности применения второй схемы хранения (рис. 21) для обогащения торфа подвижными формами азота производилась на торфопредприятиях «Чистик» (площадка 10) и «Смолевичское» (участок 4, площадка 16). На каждом из них было заложено по 4 опытных штабеля высотой 3,5—4,0 м с последующей передвижкой на штабель 1. Отбор проб осуществлялся на площадке 10 в конце августа, а на площадке 16 — в начале октября. Как показали результаты опытов, пред-

Характеристика проб торфа из опытных и контрольных штабелей торфопредприятия «Чистик»

Номер точки отбора проб	Опытные штабеля									Номер точки отбора проб	Контрольный штабель		
	W, %	1		2			3				W, %	аммиачный азот, мг/100 г АСВ	рН воды
		аммиачный азот, мг/100 г АСВ	рН водной вытяжки	W, %	аммиачный азот, мг/100 г АСВ	рН	W, %	аммиачный азот, мг/100 г АСВ	рН				
1	21	210	4,2	25	190	4,4	23	132	6,7	30	26	102	4,6
2	11	216	4,0	10	292	4,8	23	150	5,5	31	28	175	4,5
3	13	172	4,0	19	148	4,5	40	113	6,2	32	38	102	6,0
4	46	171	5,9	32	145	6,5	38	110	6,1	31	36	87	6,1
5	43	160	6,1	40	112	6,3	30	135	5,8	34	28	157	5,7
6	24	413	3,5	18	257	4,3	22	179	4,3	35	23	198	4,4
7	10	227	3,5	10	222	4,0	33	157	5,8	36	28	150	5,4
8	10	247	3,3	30	162	5,6	32	113	5,9	37	40	62	6,0
9	23	179	4,1	33	148	6,3	31	110	5,9	38	18	190	4,3
10	37	155	6,2	36	146	6,2	32	130	5,6	39	22	180	4,0
11	47	183	6,6	—	—	—	—	—	—	40	37	151	5,1
										41	39	90	5,0

ложенная схема хранения торфа позволяет равномерно активизировать азот по всему сечению штабеля и повысить примерно в 1,5 раза среднее его содержание по сравнению с контролем. В контрольном штабеле активизация азота наблюдалась только на глубине 1 м от поверхности (рис. 24). Однако значительного повышения содержания подвижных форм азота в опытных штабелях не произошло, так как максимальная температура самоподогревания к концу сезона достигла на торфопред-

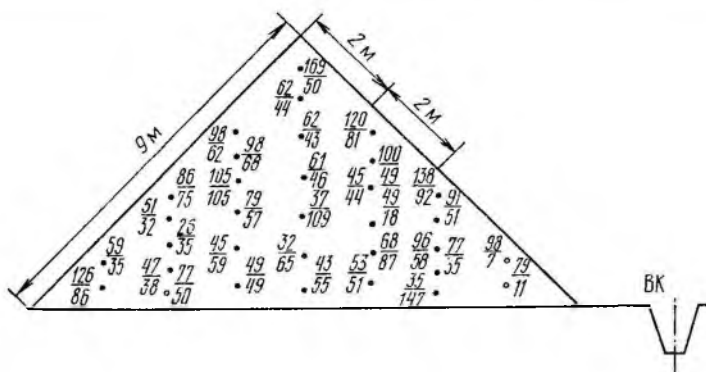


Рис. 24. Распределение аммиачного азота (мг/100 г АСВ) в сдвинутых (числитель) и контрольном (знаменатель) штабелях на торфопредприятии «Смолевичское»

приятиях «Чистик» 70 °С, «Смолевичское» — 80 °С, но при этой температуре торф хранился не более 1—15 дней, что недостаточно.

По данным нашей лаборатории, для максимальной активизации азота торф надо выдерживать при температуре 65—70 °С не менее 25—35 дней (см. гл. 3).

Итак, наиболее приемлемой является схема, предусматривающая периодические передвижки штабелей, количество которых зависит от высоты последних. Для складочных единиц, создаваемых в настоящее время в промышленности, оно должно быть не менее двух с интервалом в 35—40 дней. Приемлема также схема хранения торфа в штабелях уменьшенной высоты (схема II), позволяющая активизировать азот равномерно по всему сечению без дополнительного увеличения ширины подштабельной полосы. Схема I не может быть рекомендо-

вана для промышленного использования, так как она требует увеличения подштабельной полосы, а следовательно, мостов и может вызвать самовозгорание, ибо в штабелях первой очереди формирования возможно образование «полукокса».

#### ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗВОДНОГО АММИАКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТОРФА КАК УДОБРЕНИЯ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ

Для повышения качества торфа как удобрения и обогащения его усвояемыми формами азота широко используют обработку аммиачной водой — аммонизацию торфа [111].

В литературе имеются сведения о том, что аммиак может быть успешно применен в качестве ингибитора окисления для борьбы с самовозгоранием угля [112, 113]. В связи с этим были начаты работы по обработке торфа безводным аммиаком в период хранения.

Применение безводного аммиака (БА) имеет ряд преимуществ по сравнению с другими формами азотных удобрений: самая низкая стоимость единицы азота при высокой концентрации его в БА (табл. 34), использование в качестве удобрения полуфабриката промышленных предприятий, а также полная механизация транспортировки [114, 115]. Значительного развития производство БА получило в США, Дании, Чехословакии, Франции, Италии и других странах. Например, в США в 1972 г. на долю безводного аммиака приходилось 42% от общего количества азотных удобрений [116].

В СССР производство и потребление БА особенно возрастает в десятой пятилетке. За пятилетку предусмотрено поставить сельскому хозяйству 1940 тыс. т (физического веса), в том числе в 1978 г.—290 тыс. т, в 1979 г.—510 тыс. т и в 1980 г.—850 тыс. т, из них —200 тыс. т, или примерно 10%, Белорусской ССР.

Вместе с указанными преимуществами практикуемое в настоящее время внесение БА непосредственно в почву имеет существенные недостатки, а именно: сроки внесения ограничены (только ранней весной или осенью), потери азота из-за нитрификации и последующей денитрификации значительны [116]. При введении жидких азотных удобрений в торф благодаря сравнительно высокой

емкости поглощения последнего по аммиаку эти потери снижаются. При обработке торфа аммиаком происходит не только сорбция аммиака, но и повышается подвижность гуминовых веществ, что позволяет использовать аммонизированный торф как биологически активное азотное удобрение [111].

Одним из преимуществ введения БА в торф в процессе заготовки и хранения его на удобрение является удлинение сроков прямого использования БА до 5—6 месяцев в году. Это дает возможность сократить потребность в дорогостоящих емкостях для хранения последнего.

Для установления влияния изменений, происходящих в процессе саморазогревания торфа при хранении, на его поглотительную способность по аммиаку было изучено взаимодействие газообразного аммиака с низинным (осоковым) и верховым (сфагновым) торфами, хранившимися в штабеле 5 и 7 месяцев при различных температурах. Лабораторные опыты проводились при 20 и 75 °С. Последняя температура характерна для зоны интенсивного саморазогревания торфа в штабелях. Схема установки показана на рис. 25.

Опытами установлено, что исходный и подвергшийся саморазогреванию осоковый и сфагновый торфа активно взаимодействуют с аммиаком как при 20, так и при 75 °С. При этом если исходный осоковый торф связал 1,7% азота, то количество азота, поглощенное торфом после хранения, возросло в случае обработки при 20 °С до 1,8%, а при 75 °С — до 1,9—2,2% на АСВ. Основное количество азота (65—66% от общей емкости поглощения) закреплялось в обменно-поглощенной форме.

Таблица 34

Стоимость одной тонны азота в различных видах удобрений

Вид удобрения	Содержание азота, %	Стоимость одной тонны азота, руб.
Безводный аммиак	82,3	87,50
Аммиачная вода	20,5	107,00
Аммиачная селитра	34,5	145,00
Сульфат аммония	20,5	167,00
Карбамид	46,0	178,00

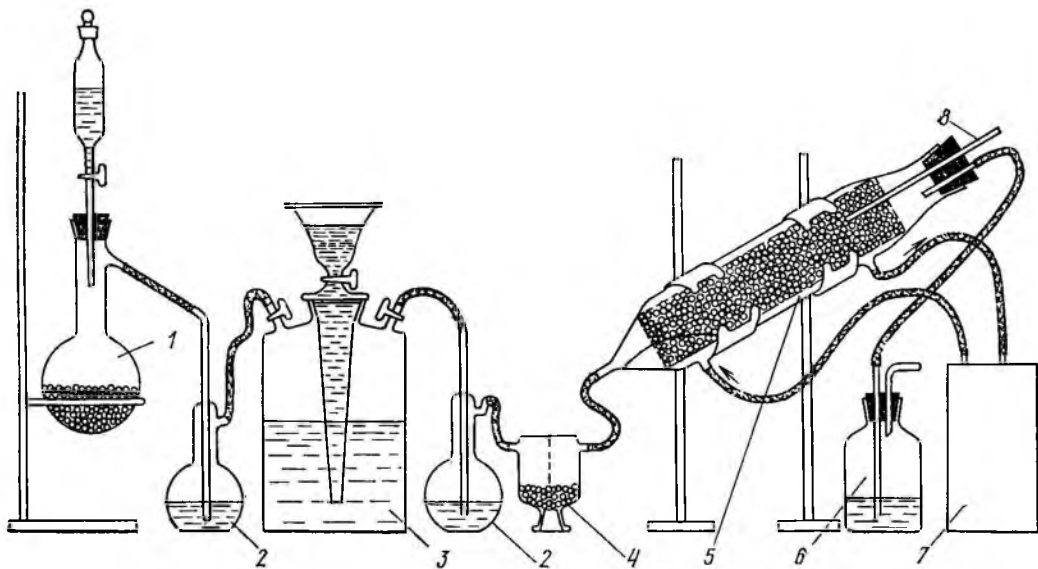


Рис. 25. Схема установки для обработки торфа безводным аммиаком: 1 — установка для получения безводного аммиака; 2 — промывалка с раствором KOH; 3 — газометр с безводным аммиаком; 4 — промывалка с твердым KOH; 5 — реактор для обработки торфа безводным аммиаком; 6 — промывалка с раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 7 — термостат; 8 — термометр

Сфагновый торф также активно взаимодействовал с аммиаком, и емкость поглощения по аммиаку у исходного торфа при 20 °С составила 2,7%, а при 75 °С — 3,1% на АСВ. Влияние температуры саморазогревания сфагнового торфа на увеличение емкости поглощения по аммиаку при 20 и 75 °С показано на рис. 26. Как следует из анализа графического материала, в торфе из зоны интенсивного саморазогревания емкость поглощения составила при 20 °С 4,4%, а при 75 °С — 5,4%, т. е. была

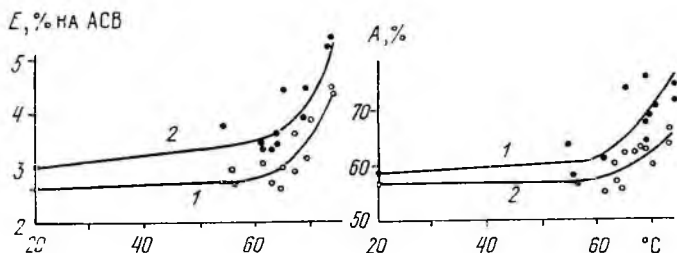


Рис. 26. Влияние температуры разогревания сфагнового торфа на емкость поглощения торфа по аммиаку ( $E$ , %) и отношение содержания аммиачного азота к общей емкости поглощения ( $A$ , %) в случае обработки торфа безводным аммиаком при 20 (1) и 75 °С (2)

в 1,5 раза выше, чем у исходного торфа. При этом основное количество аммиака находилось в обменно-поглощенной форме. С повышением температуры разогревания выше 70 °С количество азота, закрепившегося в виде аммиака, достигло 70—75% от общего количества, вступившего во взаимодействие с торфом.

Увеличение емкости поглощения по аммиаку у подвергшегося саморазогреванию торфа в значительной степени связано с накоплением органических кислот, образовавшихся в процессе окислительной деструкции углеводов в период хранения (см. рис. 5). Зависимость между содержанием органических кислот в подвергшемся разогреванию сфагновом торфе ( $K$ ) и емкостью поглощения по аммиаку ( $E$ ) при 20—75 °С показана на рис. 27. Со свободными органическими кислотами связывается около 60% азота, закрепившегося в обменно-поглощенной форме.

Таким образом, саморазогревание торфа в период хранения и накопление в нем органических кислот спо-

способствуют увеличению емкости поглощения по аммиаку на 30—50%, что свидетельствует о предпочтительном использовании подвергнувшегося саморазогреванию торфа при производстве торфоаммиачных удобрений.

Для исследования процесса взаимодействия торфа с БА и изучения его распределения в штабеле нами совместно с Котринским спецотделением Гродненского областного треста мехработ и химзащиты растений был заложен полевой опыт по введению БА в производствен-

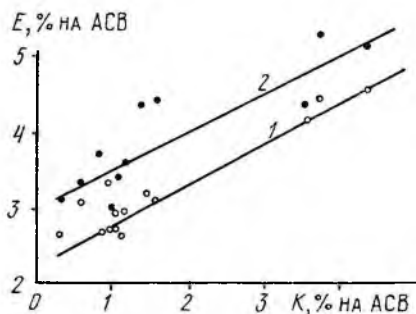


Рис. 27. Влияние содержания органических кислот (К) в торфе на емкость поглощения по аммиаку (Е) при 20 (1) и 75 °C (2)

ный штабель в период хранения. Работа проводилась на торфоучастке «Закравшизна» Гродненской области с низинным тростниковым торфом (степень разложения 35—40%, средняя влажность 55,0%, зольность 16,8%). Емкость поглощения по аммиаку при 20 °C составила 0,4%, при 60—75 °C—0,9—1,0% на АСВ. При этом до 80% поглощенного аммиака связывалось в виде легкогидролизуемых азотсодержащих соединений. Обработка торфа БА в штабеле была проведена в октябре 1973 г. Аммиак вводили по металлическому трубопроводу с отверстиями в 10 сечений (по 4 с каждой стороны и 2 в торцах). Продолжительность подачи аммиака 6 ч. Количество введенного аммиака соответствовало емкости поглощения 300 мг/100 г торфа натуральной влажности, или 0,7% на АСВ. Аммиак полностью поглощался торфом и из штабеля не выделялся. Замечено некоторое разогревание торфа и «разбухание» штабеля, что свидетельствует о взаимодействии аммиака с торфом. За-



пах аммиака при введении не обнаруживался. Штабель, обработанный БА, хранился пять месяцев. Во время хранения и отгрузки запах аммиака вокруг штабеля не ощущался, что говорит об отсутствии его утечки. К моменту вывозки высота штабеля была 3,5—4,0 м, ширина — 10, длина — 45 м. При вывозке были взяты пробы аммонизированного торфа из двух сечений штабеля, а также две средние пробы торфа из конусов, отсыпанных погрузчиком при вскрытии штабеля. Для сравнения отбирались пробы торфа из контрольного штабеля, не обработанного аммиаком. Во всех пробах по стандартным методикам определяли рН водной вытяжки и содержание аммиачного азота. В точках отбора проб был произведен замер температуры. Торф, обработанный БА, имел более высокую влажность по сравнению с необработанным — 67 и 60% соответственно. В контрольном штабеле со стороны валового канала была зона с температурой 42—47 °С. В торфе, обработанном БА только в одной точке, зафиксировано 40 °С, в то время как температура основной массы была ниже 30 °С.

Аммиак закрепился главным образом в средней части штабеля на глубине 0,5—2,0 м от поверхности. Распространение его по вертикали происходило на расстоянии более 0,5 м от места ввода в обе стороны. Так, в центральном разрезе первого сечения максимальная концентрация (1933 мг/100 г ТНВ) отмечалась на глубине 1,5 м от конька (место ввода). Из этой точки аммиак распространился на 0,5 м, и концентрация его на 1,0—2,0 м от конька была повышенной (510 и 1310 мг/100 г ТНВ). В то же время на расстоянии 0,5 и 2,5 м, т. е. на 1 м от точки ввода, аммиака было почти столько же, сколько в исходном торфе.

В контрольном штабеле при низкой температуре разогревания содержание аммиака колебалось от 5 до 18 мг/100 г ТНВ и только в одной точке при 47 °С достигло 43 мг/100 г ТНВ, средняя концентрация аммиака в штабеле, обработанном БА, была значительно выше и составила в первом и втором сечениях 351 и 369 мг/100 г ТНВ соответственно. Во время погрузки торф хорошо перемешивался, и средние пробы из конусов имели аммиачного азота 280 и 301 мг/100 г ТНВ. После вывозки на поле среднее содержание его в торфе составило 280 мг/100 г при влажности 69,1%. В пересчете на абсолютно сухое

вещество содержание обменно-поглощенного азота при обработке БА в торфе, вывезенном на поле, составило 0,9% на АСВ, что соответствует емкости поглощения аммиака в лабораторном опыте при 60 °С, т. е. при температурах, развивающихся в штабеле в процессе саморазогревания.

Таким образом, приведенные материалы свидетельствуют о том, что, хотя распространение БА в штабеле имеет очаговый характер, при последующем перемешивании торфа в период погрузки, перевозки и выгрузки происходит усреднение содержания в нем обменно-поглощенного азота.

Для определения потерь аммиака в период внесения и хранения был проведен лабораторно-полевой опыт с пушицево-сфагновым торфом на экспериментальной базе Института торфа АН БССР «Дукора». Влажность торфа — 46,4%, А<sup>с</sup> — 8,9%, общий азот — 1,48% на АСВ. Торф в конусе сильно разогревался, максимальная температура в момент введения 60—70 °С. Аммиак в жидком виде вводили в конус высотой 2,7 м диаметром 7,5 м в две точки с противоположных сторон через штангу длиной 2 м с отверстием на конце. Штангу устанавливали на расстоянии 1 м от подошвы, считая по откосу штабеля. Расстояние между точками ввода внутри конуса около 1 м. Всего было введено 45,7 кг БА, или 37,4 кг азота. Отбор проб аммонизированного торфа в двух взаимно перпендикулярных плоскостях вертикального сечения конуса был сделан после двух месяцев хранения. В отобранных пробах определяли влажность, рН водной и солевой вытяжек, содержание общего и аммиачного азота при натуральной влажности и после высушивания до воздушно-сухого состояния, а также объемную плотность. Схема распространения аммиака показана на рис. 28. Характеристика отобранных проб дана в табл. 35.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что при введении БА в складочную единицу торфа образуется сфера распределения с довольно однородным содержанием аммиака диаметром около 1,5 м. При одновременном введении аммиака из двух точек в плоскости сечения формируется зона в виде эллипса с большой (2,5 м) и малой (около 1,5 м) осью (по вертикали). Внутри зоны максимального поглощения содержание аммиака уменьшается довольно медленно, в сред-

нем на 1% на каждые 25 см. За пределами этой сферы количество азота резко снижается и на расстоянии 25 см падает до нуля. Максимальная емкость поглощения по аммиаку достигала 4,9% на АСВ и была в 2 раза выше, чем при аммонизации исходного торфа аммиачной водой (табл. 35).

Полученные материалы подтверждают, что БА активно взаимодействует с торфом. Распространение его имеет диффузионный характер и обусловлено как ионообмен-

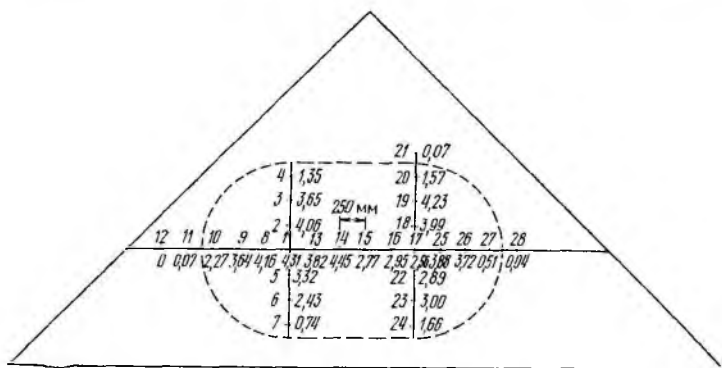


Рис. 28. Схема отбора проб и распространение аммиака (емкость поглощения, % на ТНВ) в пушицево-сфагновом торфе

ным закреплением, так и химическим взаимодействием аммиака с торфом. Проникновение аммиака в последующие слои возможно лишь после насыщения предыдущих, этим объясняется прочное закрепление аммиака в торфе и отсутствие его потерь в период хранения.

Расчет потерь аммиака в период хранения осуществлялся по специально разработанной методике на основании материалов о поглощении азота в отобранных пробах торфа. Подсчеты показали, что вместо 37,4 кг фактически было найдено 37,5 кг закрепившегося азота, или 100,3%. Таким образом, количество азота аммиака, обнаруженное при вскрытии конуса, совпадает с количеством введенного БА. Следует иметь в виду, что при локальном введении наряду с избыточным насыщением аммиаком в точках ввода вследствие физической сорбции содержащейся в торфе влагой имеется также торф, не обработанный аммиаком. Однако последующие операции

## Характеристика пушицево-сфагнового торфа, обработанного БА

Номер точки	Температура, °С	Влажность, %	рН вытяжки		Азот, % на ТНВ			Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>
			водной	соле- вой	общий	амми- ачный	емкость поглощения	
Исходный	—	46,4	4,1	2,7	0,79	0,03	—	—
1	66	15,6	6,8	6,0	5,59	1,89	4,31	385,4
2	60	10,9	7,1	6,2	5,38	1,76	4,06	353,1
3	52	22,2	7,4	6,3	4,81	1,78	3,65	375,0
4	32	31,6	7,7	5,8	2,40	1,17	1,35	—
5	68	39,3	7,6	6,6	4,36	1,55	3,32	548,4
6	55	42,0	8,1	7,2	3,29	1,68	2,43	455,6
7	42	47,8	7,1	5,8	1,51	0,70	0,74	434,1
8	60	14,2	6,8	5,9	5,43	2,56	4,16	—
9	54	16,2	7,0	6,0	4,88	1,93	3,64	—
10	41	25,4	7,4	6,2	3,33	1,64	2,27	—
11	28	41,5	4,4	2,8	0,94	0,08	0,07	436,6
12	20	35,0	4,2	2,7	0,91	0,06	0,00	—
13	68	26,0	7,6	6,9	4,92	1,76	3,82	—
14	72	38,5	8,2	7,3	5,36	1,55	4,45	—
15	70	33,7	7,8	6,8	3,76	1,56	2,77	475,3
16	65	39,9	8,5	7,5	3,84	1,39	2,95	—
17	57	23,7	7,2	6,4	3,69	2,05	2,56	—
18	63	11,0	7,2	6,2	5,31	1,60	3,99	—
19	44	17,8	7,8	6,8	5,45	1,88	4,23	—
20	30	30,4	7,8	5,9	2,60	1,31	1,57	—
21	28	60,0	4,3	3,0	0,66	0,03	0,07	—
22	65	37,3	7,4	6,9	3,82	1,27	2,89	—
23	50	33,9	8,5	7,7	3,90	1,47	3,00	—
24	42	38,2	8,7	7,7	2,57	1,13	1,66	—
25	53	13,8	7,4	6,9	5,15	1,82	3,88	—
26	39	15,5	7,6	6,4	4,97	1,86	3,72	—
27	40	23,5	6,0	6,6	1,57	0,37	0,51	—
23	56	22,2	3,5	2,5	1,20	0,21	0,04	—
—	—	13,2	—	—	3,56*	1,54	2,02	—

\* Аммонизация аммиачной водой.

погрузки и перегрузки усредняют качество торфа. Потери аммиака могут происходить в процессе внесения аммонизированного торфа на поля. Поэтому особенно следует заботиться о своевременной заделке (запашке) аммонизированного торфа сразу после разбрасывания по полю, чтобы исключить потери аммиака при подсушке торфа [111].

Для изучения влияния продолжительности хранения на распространение БА по сечению штабеля на экспериментальной базе «Дукора» были заложены полевые опыты с верховым пушицево-сфагновым торфом, влажность — 51,5—56,4%, зольность — 7,8%, общий азот — 1,30% на АСВ, аммиачный азот — 30 мг/100 г АСВ. Аммиак вводили в 3 конуса в жидком виде через штангу длиной 2 м с отверстием на конце. Штангу устанавливали на высоте 1 м от подошвы, считая по откосу штабеля. Отбор проб из конуса 1 проводили через 15 дней, из конуса 2 — после 2 месяцев, а из конуса 3 — после 5 месяцев хранения. В отобранных пробах определяли влажность, рН водной и солевой вытяжек, содержание аммиака. Анализ полученного экспериментального материала показал, что в конусе 1 после пятнадцатидневного хранения образовалась сфера диаметром 1,2 м, в которой концентрация аммиачного азота составила более 2%. После двух месяцев хранения сфера распространения аммиака увеличилась в диаметре до 1,5 м, а через 5 месяцев — только до 1,6 м. При этом максимальное содержание азота аммиака составляло уже менее 2%. Значительно увеличилось количество точек на периферии с содержанием аммиачного азота менее 1,5%, что свидетельствует о дальнейшей диффузии аммиака. Таким образом, хотя в период хранения распространение безводного аммиака в торфе постоянно продолжается, наиболее благоприятный срок хранения торфа после введения аммиака — около 2 месяцев. На основании полученных данных расстояние между вводящими штангами машины для введения БА следует принять около 1,5 м.

Взаимодействие с БА в штабеле приводит к изменению физико-механических свойств торфа, таких, как объемная плотность, удельный вес, влагоемкость. Исследования показывают, что объемная и удельная плотность при этом возрастают (табл. 35, рис. 29). Это в какой-то степени объясняется тем, что при взаимодействии органического вещества с БА происходит частичная дезагрегация неразложившихся остатков и уплотнение торфа. Значительное раздробление органического вещества при обработке торфа аммиаком подтверждают электронно-микроскопические снимки исходного тростникового торфа (торфоучасток «Котра») и торфа из зоны введения аммиака (рис. 30). Сопоставление размеров частиц по-

казывает, что при обработке торфа БА средний размер их уменьшается от 2,5 до 0,1 мкм. Изменение удельной плотности твердой фазы указывает на глубокие химические превращения органического вещества торфа при взаимодействии с БА. Увеличение объемной плотности торфа — также положительный фактор, снижающий себестоимость перевозок. Повышение подвижности гуминовых кислот при обработке торфа БА [111] приводит к

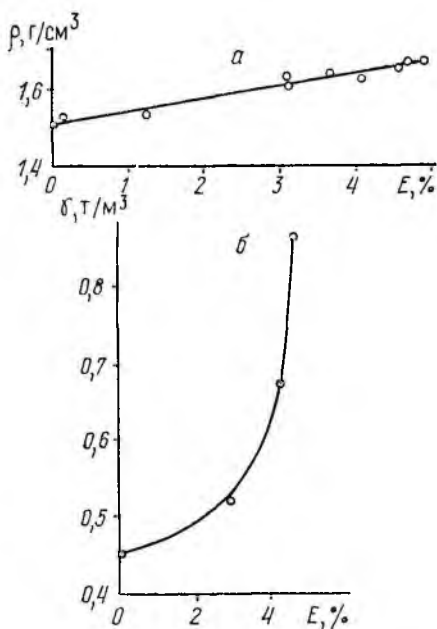


Рис. 29. Зависимость удельной (а) и объемной (б) плотности пушицево-сфагнового торфа от емкости поглощения по аммиаку ( $E$ )

росту гидрофильности, в результате чего влагоемкость аммонизированного торфа возрастает (рис. 31).

Под влиянием аммиака происходит трансформация органического вещества торфа, что наиболее ярко проявляется при аммонизации БА. Как следует из данных табл. 36, по сравнению с аммиачной водой обработка торфа БА в штабеле повышает глубину его химических превращений. Емкость поглощения по аммиаку возрастает у пушицево-сфагнового торфа почти в 2 раза, а у трост-

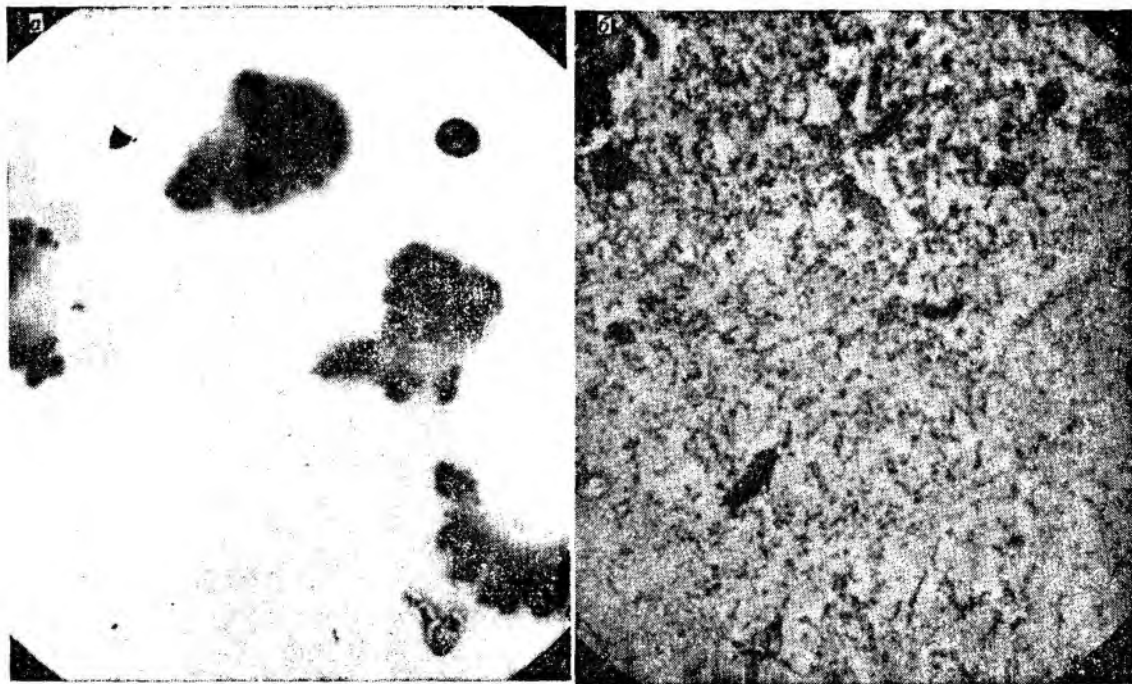


Рис. 30. Электронно-микроскопические снимки (увеличение 5000): *а* — исходный торф; *б* — амонизированный торф

никового торфа — в 5—7 раз по сравнению с аммиачной водой. При обработке аммиаком в первую очередь разрушаются кислородсодержащие соединения, о чем свидетельствует снижение содержания кислорода в торфе. Одновременно в результате деструкции углеводов в щелочной среде образуются органические кислоты [117], что увеличивает емкость поглощения аммиака торфом.

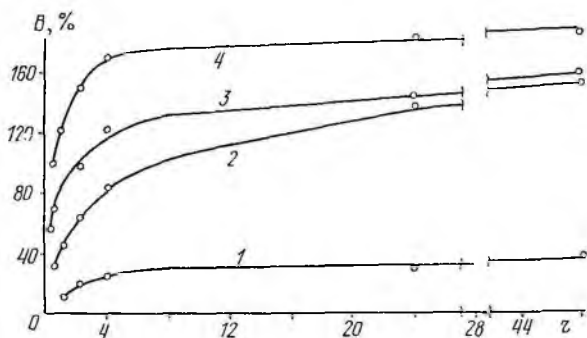


Рис. 31. Изменение влагопоглощаемости торфа (В, %) в зависимости от времени для торфа различной емкости поглощения по аммиаку (Е, % на АСВ): 1 — исходный торф; 2 — Е = 2,95%; 3 — Е = 3,67%; 4 — Е = 4,80%

При одной и той же емкости поглощения количество азота, закрепившееся в виде соединений, негидролизующихся 20%-ной соляной кислотой, при аммонизации БА выше, чем при аммонизации аммиачной водой. Содержание аминного азота и состав аминокислот при этом мало изменяются (табл. 37).

В исходном и аммонизированном торфе содержание воднорастворимых соединений определяли по методике [87]; фракционно-групповой состав — по методике [100], гуминовые кислоты выделяли в виде двух фракций — первая при 25 °С, вторая при 80 °С. Анализ экспериментального материала (табл. 38) показывает, что при натуральной влажности 50—60% из аммонизированного торфа извлекается горячей водой около 40% органического вещества, которое содержит 75—80% поглощенного азота. Деструкция углеводов при аммонизации торфа подтверждается уменьшением РВ, количество которых падает главным образом за счет гексоз (табл. 39). При



Изменение элементного состава, содержания органических кислот и форм азота при аммонизации торфа

Месторождение, вид торфа	Способ аммонизации	Емкость поглощения по аммиаку, % на ОВ	Влажность, %	Содержание, % на ОВ						Формы азота, % на ОВ				
				Ас, %	С	Н	N	О (по разности)	Органические кислоты в пересчете на щавелевую	аммиачный	легкогидролизуемый	аминный	нейтрифицированный (по разности)	негидролизуемый 20%-ной соляной кислотой
«Дукора», пушицево-сфагновый	Исходный	—	9,2	7,7	57,85	5,91	1,41	34,83	0,37	0,03	0,04	0,46	0,34	0,57
	Аммиачной водой	3,52	10,9	7,8	56,06	5,86	4,93	33,15	2,28	1,85	2,09	0,46	1,36	1,02
	БА	3,21	13,1	9,1	57,48	5,79	4,62	32,11	2,26	2,06	2,22	0,43	0,57	1,40
	«	6,43	13,0	7,4	55,70	6,04	7,84	30,42	3,80	3,08	3,58	0,36	1,36	2,54
«Закравшизна», тростниковый	Исходный	—	13,3	15,3	59,80	5,01	3,50	31,69	0,11	0,05	0,20	1,15	0,99	1,16
	Газообразный аммиак	0,39	13,7	15,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	БА	0,61	11,0	11,4	59,44	5,69	4,11	30,76	0,16	0,36	0,51	1,15	1,29	1,16
	«	3,12	11,0	11,0	57,95	5,67	6,62	29,76	3,31	—	—	—	—	—
	«	4,59	10,8	13,3	55,57	5,48	8,09	30,86	3,41	2,58	2,83	0,65	2,07	2,54

этом с аммиаком взаимодействуют как легко-, так и трудногидролизуемые полисахариды [118]. Деструкция углеводов при аммонизации торфа подтверждается уменьшением на кривых ДТА экзотермического эффекта при 285—295 °С, обусловленного распадом углеводного комплекса [104]. При аммонизации БА этот эффект совсем исчезает (рис. 32).

Состав органических кислот в аммонизированном торфе значительно отличается от состава кислот при хранении неаммонизированного торфа [3, 87]. В смеси кислот присутствует только молочная — основной продукт деструкции гексоз в щелочной среде [117] и отсутствует щавелевая, соли которой обладают пиррофорными свойствами [105]. Это, по-видимому, снижает способность аммонизированного торфа к самовозгоранию, что под-

Таблица 37

Состав аминокислот в исходном и аммонизированном пушицевого-сфагновом торфе

Показатель	Исходный торф	Обработка		
		аммиачной водой	БА при	
			20°С	75°С
Общий азот, % на ОВ	1,41	4,93	4,62	7,84
Емкость поглощения по аммиаку, % на ОВ	—	3,52	3,21	6,43
Сумма аминокислот, % на ОВ	3,0	2,9	2,6	2,5

Аминокислоты, мг/100 г ОВ

Пролин	386	392	338	328
Лейцины	330	338	324	312
Фенилаланин	189	184	160	165
Валин	225	226	205	206
Тирозин	93	97	93	91
Аланин	202	178	185	160
Треонин	262	263	223	218
Глутаминовая	297	296	263	278
Глицин	232	232	234	232
Серин	231	188	173	124
Аспарагиновая	203	151	146	134
Аргинин	64	64	57	47
Гистидин	97	95	77	77
Лизин	161	161	122	97
Цистеин	50	45	29	17

Изменение фракционно-группового состава торфа в процессе аммонизации

Месторождение, вид торфа	Способ аммонизации	Емкость поглощения по аммиаку, % на ОВ	Воднорастворимые в торфе натуральной влажности, % на ОВ	Азот в водной вытяжке, % на ОВ	Содержание, % на ОВ								негидролизуемый остаток
					битум бензольный	гуминовые кислоты			негидролизуемые				
						при 25°C	при 80°C	сумма	2%-ной соляной кислотой		72%-ной серной кислотой		
									всего	в том числе РВ	всего	в том числе РВ	
«Дукора», пушицево-сфагновый	Исходный	—	4,0	0,02	4,4	31,0	15,5	46,5	27,3	10,8	16,8	8,1	13,2
	Аммиачная вода	3,52	34,4	1,61	—	30,0	15,2	45,2	35,6	7,6	11,0	5,9	15,9
	БА	3,21	37,4	2,51	2,9	29,5	15,6	45,1	35,3	7,3	11,8	5,5	15,4
	«	6,37	46,2	4,56	3,5	30,0	14,4	44,4	34,3	—	12,8	—	14,3
	«	6,43	46,0	5,07	—	30,0	14,3	44,3	34,7	6,5	12,9	4,5	15,0
«Закравшизна», тростниковый	Исходный*	—	2,2	0,04	0,6	9,4	14,7	24,1	25,1	—	20,3	—	30,2
	БА*	0,61	4,0	0,05	1,0	10,8	16,2	37,0	23,7	—	20,6	—	28,1
	«	4,59	24,4	1,12	0,4	21,5	15,4	36,9	18,8	—	16,0	—	25,4

\* Гуминовые кислоты выделены 0,02-ным раствором едкого натра по методике [78].

## Состав моносахаридов в гидролизатах исходного и аммонизированного пушицево-сфагнового торфа

Содержание, % на ОВ	Характеристика пробы		
	исходный торф	обработка аммиачной водой	обработка БА
Общий азот	1,41	4,03	7,84
Емкость поглощения по аммиаку	—	3,52	6,43

*Гидролизуемые 2%-ной соляной кислотой*

Ксилоза	1,7	1,7	1,7
Арабиноза	1,1	1,0	1,0
Рамноза	0,8	0,8	0,7
Галактоза	1,4	1,0	0,9
Глюкоза	3,4	3,5	3,0
Манноза	0,2	—	—
Сумма	8,6	8,0	7,3

*Гидролизуемые серной 72%-ной кислотой*

Ксилоза	0,4	0,4	0,3
Арабиноза	—	—	0,2
Манноза	0,3	0,2	0,1
Глюкоза	6,3	6,1	5,4
Сумма	7,0	6,7	6,0

тверждается отсутствием сведений о самовозгорании торфоаммиачных удобрений при хранении [111].

Из данных табл. 40 видно, что при обработке аммиаком количество азота, закрепившееся в гуминовых кислотах, возрастает по мере увеличения емкости поглощения. При обработке БА основное количество азота в гуминовых кислотах закрепляется в виде соединений, негидролизуемых 20%-ной соляной кислотой, что подтверждает глубокие превращения органического вещества в процессе его аммонизации. Исследование характера молекулярно-весового распределения (МВР) гуминовых кислот исходного и аммонизированного торфа (фракция, выделенная при 25 °С) было проведено путем просеивания препаратов, растворенных в 0,1 н. раствора едкого натра, через гель сефадекса Г-100. Оптическую плотность фракций элюата измеряли при 465 нм в кювете тол-

щиной 1 см на спектрофотометре марки «Specord UV Vis». Сопоставление кривых МВР (рис. 33) показывает, что закрепление азота в гуминовых кислотах сопровождается накоплением низкомолекулярных фракций. Это подтверждается смещением пика на кривых, увеличением

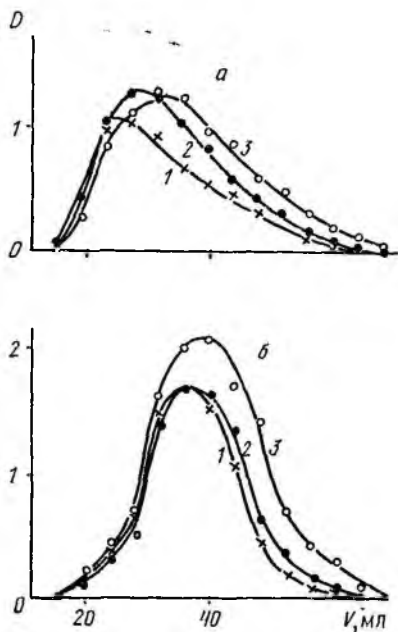
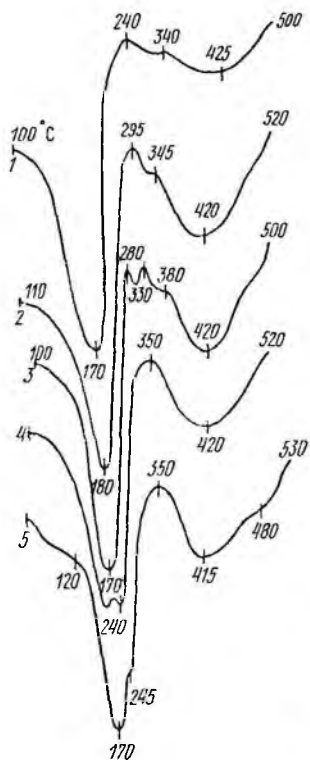


Рис. 32. Термограммы тростникового торфа, обработанного БА при хранении: 1—исходный торф; 2—то же после хранения; 3—аммонизированный торф, емкость поглощения по аммиаку  $E=0,61\%$  на ОВ; 4—то же,  $E=3,12\%$  на ОВ; 5—то же,  $E=4,59\%$  на ОВ

Рис. 33. Гель-хроматограммы гуминовых кислот (фракция, выделенная при  $25^\circ\text{C}$ ): а—тростниковый торф (1—исходный, 2—аммонизированный, емкость поглощения по аммиаку  $E=0,16\%$  на ОВ, 3—то же,  $E=3,12\%$  на ОВ); б—пушицево-сфагновый торф (1—исходный, 2—аммонизированный,  $E=3,52\%$  на ОВ, 3—то же,  $E=6,43\%$  на ОВ). D—оптическая плотность при 465 нм

Формы азота в гуминовых кислотах исходного и аммонизированного  
пушицево-сфагнового торфа

Емкость поглощения торфа по аммиаку, % на ОВ	Температура при выделении фракций, °С	Содержание азота, % на АСВ		
		общий	аминный	в остатке после гидролиза 20%-ной соляной кислотой
Исходный	25	2,14	0,60	0,59
	80	1,36	0,50	0,40
	25	2,34	0,57	0,59
	80	1,76	0,58	0,47
3,52	25	3,64	0,28	1,13
	80	2,76	0,34	1,00
3,21	25	4,68	0,37	1,55
	80	3,68	0,44	1,38
6,37	25	6,11	0,26	2,78
	80	4,07	0,39	1,73
6,43	25	6,97	0,45	2,96
	80	4,52	0,43	1,61

асимметричности кривых элюирования и «шлейфа» в низкомолекулярной области.

Значительное содержание подвижного азота, воднорастворимых соединений и низкомолекулярных кислот в торфе, аммонизированном БА в период хранения, превращают его в ценное азотное удобрение. Аммонизированный БА тростниковый торф использовали в 1974 г. в производственном опыте в качестве азотного удобрения под ячмень в дозе 75 кг/га по фону фосфорно-калийных туков в колхозе «Прогресс» Гродненского района Гродненской области. На контрольных участках в той же дозе в почву вносили БА, а в одном из вариантов к БА добавляли торфокрошку. Хотя во всех вариантах урожай был примерно одинаковым — 41,6—43,8 ц/га, анализы показали, что зерно на делянке с аммонизированным торфом было крупнее, спелее и чище, чем при непосредственном внесении БА в почву. Сосново-пушицевый торф, обработанный БА в период хранения, был использован в опытах 1975—1977 гг. на фоне фосфорно-калийных туков в качестве азотного удобрения под ячмень и картофель. Учет урожая показал, что аммонизированный торф — полно-

ценное азотное удобрение, не уступающее по действию аммиачной селитре и аммиачной воде.

На основании результатов исследований были разработаны и переданы отделению Центрального конструкторского бюро АН БССР при Институте торфа технические условия на проектирование модельной установки

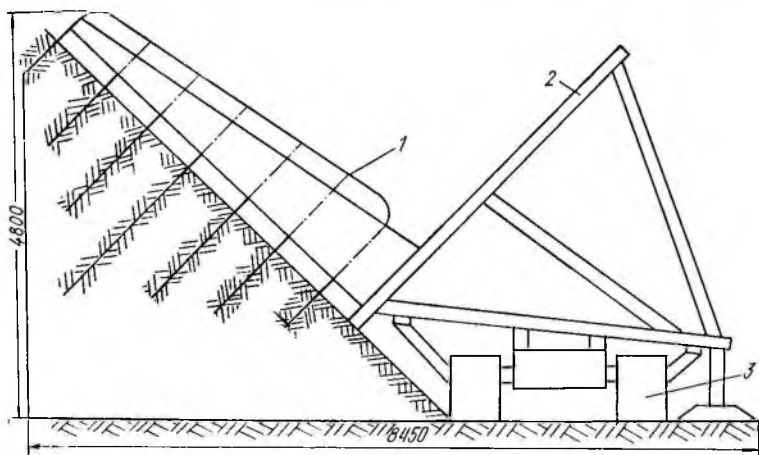


Рис. 34. Модельная установка по обработке торфа безводным аммиаком в штабелях: 1 — подвижная рама; 2 — направляющая рама; 3 — гусеничный ход

по внесению БА в штабеля торфа в период хранения. Для исключения или сведения до минимума потерь предусматривается обработку торфа аммиаком осуществлять локальным методом на глубине не менее 0,75 м. Разработанная модельная установка состоит из гусеничного хода, подвижной рамы со штангами-питателями и гидравлической системы для внедрения штанг (рис. 34).

Таким образом, обработка торфа БА в штабелях с целью предупреждения самовозгорания и обогащения его подвижными формами азота — важный технологический прием, обеспечивающий получение из торфа, особенно верхового, концентрированного азотного удобрения с высоким содержанием подвижного органического вещества.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА КАК УДОБРЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Для Белоруссии традиционными формами органических удобрений являются навоз, торф и сидераты. Эффективность действия их на урожай и плодородие почв различна, поэтому указанные удобрения целесообразно использовать комплексно. В условиях высокой аэрации почв легкого механического состава применяемые в настоящее время зеленые удобрения быстро минерализуются и их влияние на урожай примерно в 2 раза ниже, чем навоза, действие которого более продолжительно и эффективно. Внесение на легких почвах низинного торфа также оказывает положительное влияние на продуктивность пашни, что обусловлено прежде всего улучшением водно-физических свойств почв.

Торфяные удобрения обогащают почву азотом, увеличивают запасы гумуса, улучшают ее физико-химическое состояние, что в конечном итоге способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Необходимо подчеркнуть, что эффективность этих удобрений зависит во многом от способов их подготовки и применения.

Торф, добыча которого в 1978—1980 гг. составит 35—40 млн. т в год, используется в виде торфяного навоза, торфо-навозных компостов, торфо-гуминовых удобрений, а также вносится на поля в чистом виде. Особенно большой эффект дает применение торфяного навоза или торфо-навозных компостов, тонна которых повышает урожай всех культур севооборота не менее чем на центнер, а каждый рубль затрат дает условно чистый доход в среднем 2,5—2,6 руб.

Данные об эффективности торфа на песчаных и супесчаных почвах в разных районах Нечерноземной зоны



**Эффективность торфа на песчаных и супесчаных почвах  
Нечерноземной зоны**

Место проведения опытов	Продолжи- тельность опытов, лет	Варианты (до- зы торфа, т/га)	Уро- жай, ц/га	При- бавка, ц/га
<i>Озимая рожь</i>				
Новozyбковская опытная станция, Брянская область	3	Без торфа	5,5	—
		18	8,4	2,9
		36	11,1	5,6
		54	12,3	6,8
		72	13,6	7,1
Соликамская опытная станция, Пермская область	3	108	17,1	11,6
		Без торфа	5,9	—
Коллективные опыты Ленин- градского торфяного опорно- го пункта	16	40	9,0	3,1
		Без торфа	8,1	—
Алферовское опытное поле, Московская область	4	30	9,3	1,2
		Без торфа	16,7	—
		36	19,8	3,1
<i>Картофель</i>				
Новozyбковская опытная станция, Брянская область	2	Без торфа	60,2	—
		40	72,0	11,8
Торфяная опытная станция «Дукора», Минская область	Многолетние данные	Без торфа	152,0	—
		15,5	173,0	21
Коллективные опыты Ленин- градского торфяного опорно- го пункта	32	Без торфа	80,0	—
		30	93,8	13,2
Соликамская опытная стан- ция, Пермская область	3	Без торфа	76,7	—
		36	89,2	12,5
Костромской сельскохозяй- ственный институт	3	Без торфа	140,0	—
		36	149,0	9,0

СССР приведены в табл. 41, из которых видна роль торфа как средства повышения плодородия легких почв. Действие торфа в большой мере зависит от дозы его внесения и качества. Например, по сведениям Новozyбковской опытной станции, увеличение доз торфа с 18 до 108 т/га обеспечило прибавку урожая озимой ржи с 2,9 до 11,6 ц/га.

Результаты большинства исследований показывают, что применение торфа в чистом виде оправдано и экономически целесообразно только на легких почвах. Од-

нако и на этих землях торфяной навоз и компосты в 2—3 раза эффективнее чистого проветренного торфа (табл. 42).

Весьма перспективны торфолюпиновые компосты, которые можно приготавливать в местах заготовки торфокрошки. По данным Городецкого опорного торфяного пункта Горьковской области, использование торфолюпиновых компостов в дозах 20 т/га на дерново-подзолистых супесчаных почвах равно по действию эквивалентным дозам навоза (табл. 43). Аналогичные результаты получены на Ленинградском торфяном пункте.

В связи с переводом животноводства на промышленную основу путем строительства крупных животноводческих комплексов ежегодно увеличивается производство жидкого и полужидкого навоза, использование которого крайне затруднено. Для рационального применения бесподстильного навоза целесообразно добавлять к по-

Таблица 42

Средние прибавки урожая (в ц/га) от применения 30—40 т торфяных удобрений

Удобрения	Озимые зерновые культуры	Яровые зерновые культуры	Картофель
Чистый проветренный низинный торф	2,2	1,8	20
Торфяной навоз	5,0	4,5	40
Торфо-фекальный компост	6,0	5,0	50
Торфо-навозные компосты и смеси	4,5	4,0	35
Компосты с фосфоритной мукой, известью и золой	3,6	3,2	32

Таблица 43

Влияние различных торфяных удобрений на урожай озимой ржи

Вариант опыта	Урожай, ц/га	Вариант опыта	Урожай, ц/га
Контроль (фон Р <sub>80</sub> К <sub>60</sub> )	9,1	Торфо-навозный компост	20,1
Торфолюпиновый компост	19,1	Торфо-минеральный компост	16,6
Люпин (зеленая масса)	11,7	Навоз	18,9

лужидкому навозу 30—40% низинного торфа или 12—14% соломенной резки.

Необходимо остановиться на вопросе производства торфо-навозных компостов. Теория компостирования основывается на том, что под влиянием деятельности микроорганизмов и повышенной температуры происходит трансформация части труднодоступного азота торфа в усвояемое для растений состояние. Однако исследования Белорусского научно-исследовательского института земледелия, областных агрохимических лабораторий при подготовке компостов в зимнее время выявили незначительные размеры (3—5 кг аммиачного азота в 30—40 т компостов) минерализации органических азотсодержащих соединений торфа.

Результаты опытов Ганусовской опытной станции Института земледелия свидетельствуют об отсутствии преимуществ компостирования торфа с навозом перед применением их в качестве смесей. В среднем за три года урожай картофеля на дерново-подзолистых суглинистых почвах при внесении 30 т торфо-навозного компоста составил 255 ц/га, а в смеси торфа с навозом без компостирования в тех же дозах и соотношениях (3:1) — 258 ц; в последствии прибавки урожая ячменя составляли 3,6—3,9 ц/га.

Основная масса торфа, используемого в качестве удобрений, за исключением того, который применяется на подстилку и для перемешивания с бесподстилочным навозом, поступает непосредственно на поля. Очевидно, что главное богатство торфа — азот, запасы которого достигают 40 кг/т, находится преимущественно в органической форме, минерализуется медленно, в связи с чем эффективность таких удобрений невелика. Между тем при современных методах заготовки торфокрошка продолжительное время хранится в штабелях, где создаются благоприятные условия для саморазогревания торфа. При хранении торфокрошки в штабелях активно развиваются микробиологические, ферментативные процессы, а также происходят химические превращения, способствующие накоплению доступного для растений азота, преимущественно в аммиачной форме, гуминовых веществ и органических кислот [3, 77].

Исследованиями Н. И. Афанасьева и А. С. Мееровского [121], а также И. П. Мамченкова, З. Д. Озолиной,

Г. М. Блиновой [49], П. П. Мельничука, Г. П. Возна и В. С. Кирпичниковой [122] установлено, что прогревание торфа положительно действует на накопление аммиака. В этом процессе при повышении температуры до 60° активное участие принимают как мезофильные, так и термофильные микроорганизмы. О влиянии термического фактора на удобрительную ценность торфа указывали И. С. Лупинович [110], Н. Н. Стрыгин, Ф. П. Вавуло и др. [58, 67 и др.].

Ф. П. Вавуло и др. [64, 67] изучали действие различных температур на некоторые биохимические процессы в низинном осоково-тростниковом торфе. Опыт проводился в статических условиях при температурах 25, 30, 40 и 60°. Интенсивность минерализации органического вещества торфа оценивали, определяя количество углекислоты, диффундирующей в атмосферу.

Опыт показал, что интенсивность выделения  $\text{CO}_2$  закономерно возрастала по мере повышения температуры в торфе. Однако количество выделившейся  $\text{CO}_2$  увеличивалось только в первые три пятидневки, после чего наблюдалось резкое торможение диффузии. Повышение температуры до 60° способствовало активизации термофильной микрофлоры, участвующей в мобилизации аммиака. При этой температуре особенно интенсивно развивались споровые формы бактерий, способные разлагать органические соединения типа альфа-гуматов.

В другом опыте изучали влияние зеленой массы люпина и внесенных в торф термофильных микроорганизмов на накопление подвижных форм азота. Как видно из данных табл. 44, в торфе при температуре 60° отмечалось существенное снижение гидролитической и актуальной кислотности. Содержание аммиака резко увеличивалось по всем вариантам опыта. Торф, прошедший таким образом термическую обработку, использовался для вегетационных опытов с ячменем на слабоокультуренной супесчаной дерново-подзолистой почве. Вегетационный опыт закладывали в сосудах Митчерлиха, вмещающих по 11 кг почвы. Торф вносили по 70 г на сосуд из расчета 30 т/га. Повторность опыта 6-кратная. Учет зеленой массы ячменя проводили в фазе выхода растений в трубку.

Внесение торфа, выдержанного при 25 °С, не оказало существенного влияния на увеличение урожая зеленой

Изменение агрохимических свойств торфа в зависимости от температуры опыта

Вариант опыта	рН в КСІ	Н <sub>гидр</sub> , мг-экв на 100 г почвы	Содержание азота, мг/кг АСВ	
			аммиачный	нитратный
<i>Температура 25°</i>				
Торф чистый	4,4	53,5	20,9	53,7
Торф + термофильные микроорганизмы	4,4	38,6	19,4	70,9
Торф + зеленая масса люпина	4,8	41,6	33,8	174,6
<i>Температура 60°</i>				
Торф чистый	4,8	29,7	544,6	105,3
Торф + термофильные микроорганизмы	4,8	32,7	485,0	102,2
Торф + зеленая масса люпина	4,8	35,6	679,5	19,4

массы ячменя. Применение торфа совместно с калийными удобрениями, а также с зеленой массой люпина и калием привело к снижению урожая. Незначительный эффект получен и в варианте опыта торф + РК, а также торф + РК + зеленая масса люпина. Прогретый при температуре 60° торф влияет на урожай зеленой массы ячменя значительно лучше. Так, прогретый торф в чистом виде повышал урожай на 27%, торф с РК и торф с РК и зеленой массой люпина — на 60—61% (табл. 45).

Аналогичные данные получены при учете урожая зерна ячменя. Применение торфа, прогретого при температуре 60°, повысило урожай ячменя на 28%, а в сочетании с фосфорно-калийными туками — на 61%. При этом существенно изменялась структура урожая, в частности увеличивался рост растений на 14—15%, число зерен в колосе повышалось на 26—37, абсолютный вес зерна — на 7—10%.

Минерализация азота разогреваемых торфов продолжается и после внесения их в почву. Как показывают результаты опытов, в первый же год минерализуется до

0,6—0,7% азота прогретого торфа и не более 0,15% азота торфа, не прошедшего термической подготовки. Растения в течение года потребляют до 15%, а по данным Всесоюзного института удобрений и агропочвоведения,— до 20% азота, содержащегося во внесенном в почву торфе.

Проведенные в ВИУА исследования по использованию подвергнувшегося саморазогреванию торфа показали, что наибольший эффект наблюдается в первый год внесения последнего [63, 71]. Вегетационные опыты проводили в сосудах, вмещающих 6 кг почвы. Почва дерново-подзолистая тяжелосуглинистая из ЦОС ВИУА станции Барыбино Московской области следующего агрохимического состава: общий азот—0,11%, рН—4,3, гидролитическая кислотность—7,7 мг-экв на 100 г, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по Кирсанову—4,3 и K<sub>2</sub>O по Масловой—16 мг на 100 г, гумус—1,4%. Фосфорно-калийные удобрения применяли общим фоном в форме KН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub> и KСl из расчета по 0,1 г действующего вещества на 1 кг почвы. Во втором варианте опытов был использован минеральный азот в форме

Таблица 45

Влияние торфа на урожай зеленой массы и зерна ячменя

Вариант опыта	Температура 25°				Температура 60°			
	вес сухой надземной массы, %	урожай зерна с сосуда		± m	вес сухой надземной массы, %	урожай зерна с сосуда		± m
		г	%			г	%	
Контроль (исходная почва)	100	7,4	100	0,69	100	7,7	100	0,09
РК	115	8,4	108	0,25	111	8,4	108	0,25
Торф в чистом виде	101	7,9	102	0,37	127	9,9	128	0,43
Торф+К	92	7,8	101	0,12	99	8,1	104	0,24
Торф+РК	121	10,4	134	0,17	160	12,7	161	0,17
Торф+зеленая масса люпина	115	9,0	116	0,13	131	10,2	132	0,14
Торф+зеленая масса люпина+К	97	7,8	100	0,42	101	8,2	105	0,15
Торф+зеленая масса люпина+РК	142	10,8	140	0,28	160	12,2	157	0,25

Влияние саморазогревания различных видов торфа на урожай проса [123]

Вариант опыта, вид торфа, степень разложения	Характеристика торфа									Урожай зерна, г/сосуд				
	продолжи- тельность хранения, мес.	максималь- ная темпе- ратура ра- зогрева- ния, °С	влажно- сть, %	зольность, %	рН водной вытяжки	содержание азота, % на АСВ				1972 г.		1973 г.		
						общий	амми- ачный	нитрат- ный	легко- гидро- лизую- мый	общий	прибав- ка*	общий	прибав- ка*	
<i>Опыт 1972—1973 гг.</i>														
Почва + РК (фон)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,8	—	9,0	—
Почва + НРК	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71,9	53,1	6,8	—
Фон + ОТИ, 25—30%	—	—	58,0	8,6	5,0	3,0	0,09	0,05	0,73	16,1	—	10,5	1,5	—
Фон + ОТП	4	88	55,0	9,0	6,0	3,2	0,55	нет	1,18	77,2	58,4	13,6	4,6	—
	8	71	53,0	8,0	5,7	2,9	0,37	нет	0,92	50,4	31,6	10,4	1,4	—
	8	60	42,0	8,0	5,3	2,9	0,14	нет	0,54	22,6	3,8	9,2	—	—
Фон + ДТТИ, 40%	—	—	42,0	11,0	5,7	2,8	0,08	0,05	0,61	20,3	1,5	11,4	2,4	—
Фон + ДТТП	4	88	28,0	11,4	5,9	2,8	0,26	нет	0,69	53,7	34,9	12,8	3,8	—
	8	71	39,0	9,7	6,1	2,9	0,18	нет	0,71	32,7	13,9	10,0	1,0	—
	8	60	20,0	10,5	5,9	2,1	0,10	нет	0,41	22,4	3,6	10,0	1,0	—
Фон + ДТИ, 35—40%	—	—	52,0	10,5	5,4	3,4	0,06	0,05	0,61	19,0	0,2	10,2	1,2	—
Фон + ДТИ	4	88	44,0	10,0	5,8	3,5	0,26	нет	0,78	53,1	34,3	13,9	4,9	—
	8	90	52,0	11,5	6,8	3,1	0,23	нет	0,85	49,5	30,7	12,0	3,0	—
	8	60	46,0	10,3	6,8	3,1	0,11	нет	0,61	27,3	8,5	10,1	1,1	—

*Опыт 1973 г.*

Почва + РК (фон)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,8	—
Почва + НРК	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56,3	51,5
Фон + ДТТИ, 40%	—	—	60,0	9,0	4,6	3,4	0,03	0,02	—	—	—	—	7,5	2,7
Фон + ДТТП	5	60	43,5	9,1	4,7	3,3	0,19	0,03	—	—	—	—	27,3	22,5
	5	52	52,0	9,0	4,5	3,4	0,11	0,04	—	—	—	—	20,9	16,1
Фон + ТТИ, 35—40%	—	—	53,0	9,8	4,5	3,5	0,06	0,04	—	—	—	—	10,7	5,9
Фон + ТТП	6	62	26,1	10,0	4,7	3,5	0,06	0,01	—	—	—	—	6,3	2,0
	6	30	64,0	9,9	5,5	3,5	0,03	0,05	—	—	—	—	9,8	5,0
	6	58	48,0	10,2	5,3	3,5	0,10	0,02	—	—	—	—	13,7	8,9
Фон + ДТИ, 40%	—	—	44,0	8,1	5,6	2,3	0,05	—	—	—	—	—	6,2	1,4
Фон + ДТТП	7	45	51,0	8,3	5,5	2,3	0,08	0,02	—	—	—	—	9,8	5,0
	7	53	35,8	8,5	5,5	2,4	0,18	0,01	—	—	—	—	22,0	17,6
Фон + ОТИ, 30—35%	—	—	51,0	5,6	4,9	2,4	0,02	0,02	—	—	—	—	8,4	3,6
Фон + ОТП	7	50	70,0	5,6	4,3	2,4	0,10	0,09	—	—	—	—	11,3	7,7
	7	52	54,7	5,8	4,8	2,4	0,18	0,06	—	—	—	—	27,8	23,0
	7	58	42,0	5,5	5,0	2,5	0,20	0,04	—	—	—	—	40,7	35,9
Фон + ОТП	7	57	47,3	5,9	5,2	2,5	0,18	0,01	—	—	—	—	34,2	29,4

Примечание. ОТИ — осоковый торф исходный; ОТП — осоковый торф после саморазогревания; ДТТИ — древесно-тростниковый торф исходный; ДТТП — древесно-тростниковый торф после саморазогревания; ДТИ — древесный торф исходный; ДТИ — древесный торф после саморазогревания; ТТИ — тростниковый торф исходный; ТТП — тростниковый торф после саморазогревания. Звездочкой отмечена прибавка урожая по сравнению с контролем без удобрений.

$\text{NH}_4\text{NO}_3$  по 0,1 г азота на 1 кг почвы. Количество торфа, внесенного на сосуд, было выравнено по содержанию общего азота из расчета 0,5 г на 1 кг почвы. Перед закладкой опытов во всех образцах торфа проведен агрохимический анализ, данные которого представлены в табл. 46. Сведения об урожае, приведенные в той же таблице, показывают, что основным источником азотного питания растений первой культуры, удобренной прогретым торфом, служит аммиачный и гидролизуемый 0,5 н. серной кислотой азот торфа. Эти формы азота на фоне фосфорно-калийных удобрений используются первой культурой на 75—85% и могут служить хорошим показателем удобрильной ценности торфа. Статистический анализ экспериментальных данных показал наличие тесной связи между содержанием аммиачного азота в торфе и прибавками урожая проса. Коэффициент корреляции достаточно высок —  $r=0,91$ . Уравнение регрессии имеет вид  $y=108,3x$ , где  $y$  — прибавка урожая,  $x$  — содержание аммиачного азота в торфе. Приведенные материалы указывают на высокую эффективность азотного удобрения, полученного в результате саморазогревания различных видов торфа.

Для выявления эффективности торфа, прошедшего саморазогревание до  $70^\circ$ , а также определения степени минерализации и мобилизации азота проведен вегетационный опыт с древесным торфом, взятым с торфомассива совхоза «Белорусский» Вилейского района. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая на лессовидных суглинках. Опытная культура — ячмень. Фосфорно-калийные удобрения вносились из расчета по 0,9 г действующего вещества на сосуд. Результаты исследований (табл. 47) показывают, что процессы минерализации и мобилизации азота более интенсивно протекают в вариантах с саморазогревающимся торфом.

Полевые и производственные опыты, проведенные на дерново-подзолистых, суглинистых и супесчаных почвах в хозяйствах Минской области, также выявили высокую эффективность применения саморазогревающегося торфа, внесенного совместно с фосфорно-калийными удобрениями. Торф, прошедший термическую подготовку, содержал, как правило, в 4—5 раз больше доступного азота, больше подвижных фосфатов и свободных гуминовых кислот.



Для стимулирования разогревания торфа, усиления темпов разложения органического вещества и ускорения сроков приготовления высококачественных органических удобрений рекомендуется использовать дополнительные источники тепловой энергии. Основным из них является биологический источник тепла (к торфу добавляются навоз или другие органические материалы, например растительные остатки). Свежие растительные остатки или навоз вносят из расчета 10 кг на 1 т. Очень полезно включать микроэлементы: 0,05—0,1 кг меди, 0,025—0,05 кг бора, 0,025—0,05 кг молибдена.

Эффективность саморазогревающегося торфа подтверждается полевыми и производственными опытами с ячменем и картофелем в колхозе «Россия» Минского и экспериментальной базе «Зазерье» Пуховичского районов. Опыты проводились на дерново-подзолистой пылевато-суглинистой почве, развивающейся на среднем пылевидном суглинке, подстилаемом с глубины 110—120 см рыхлыми песками различной степени сортированности с прослойкой моренного суглинка на контакте. Торф для опытов отбирался на торфопредприятии «Михановичи», заготавливался за год до внесения в почву. Фосфорные и калийные туки использовались одновременно с запашкой торфа. Ниже приводятся результаты полевых опытов (табл. 48).

Из этих данных видно, что саморазогревающийся торф значительно повышает урожай картофеля и ячменя. В сочетании с фосфорно-калийными туками по урожаю ячменя он превосходит навоз, а по урожаю картофеля — и полное минеральное удобрение.

В годы с засушливым вегетационным периодом внесение 30 т разогретого торфа на 1 га на фоне фосфорных и калийных удобрений дало 9 ц/га прибавки урожая картофеля по сравнению с производственными посевами, где было запахано по 30 т торфо-навозного компоста на 1 га. А внесение 40 т такого торфа увеличило урожай на 30 ц/га. Для проверки эффективности торфа, разогревавшегося в производственных штабелях до 65—70 °С, в совхозах «Белорусский» Вилейского и «Мстиж» Борисовского районов были проведены производственные опыты с картофелем по схеме: 1) навоз 30 т/га, 2) торф разогретый 30 т/га, 3) торф разогретый 30 т/га + РК. В совхозе «Белорусский» использовали низинный древесный

Влияние торфяных удобрений на урожай ячменя

Вариант опыта	Урожай, г на сосуд		Общий азот, % на АСВ при закладке опыта	Содержание азота в почве, мг/кг АСВ					
				аммиачный			нитратный		
	зерно	солома		при закладке опыта	фаза цветения	после уборки	при закладке опыта	фаза цветения	после уборки
Торф проветренный	3,0	4,7	2,74	452,5	43,7	266,7	431,3	Нет	284,2
Торф + РК	7,7	10,1	2,74	»	70,7	218,8	431,3	Нет	Нет
Торф разогретый	15,8	38,6	3,30	1082,5	91,3	404,5	4264,2	116,4	4875,0
Торф разогретый + РК	18,4	41,3	3,30	»	59,0	413,9	4264,2	142,7	4268,2

Таблица 48

Влияние торфяных удобрений на урожай картофеля и ячменя

Вариант опыта	Урожай, ц/га					
	картофель			ячмень		
	урожай	%	точность опыта, %	урожай	%	точность опыта, %
РК	114,3	100,0	2,27	13,2	100,0	4,46
НРК	154,3	134,0	0,84	20,6	156,0	4,82
Торф после саморазогревания, 30 т/га	128,4	112,3	4,85	15,0	113,6	4,21
Торф после саморазогревания, 30 т/га + РК	181,8	159,0	1,82	19,3	146,2	5,43
Навоз, 30 т/га	134,0	117,2	2,45	16,7	126,5	0,28

торф со степенью разложения 30—35%, Ас — 11,5%, влажностью 47,3%, рН в КСl — 5,8. Содержание подвижных форм азота: нитратного — 107, аммиачного — 2750 мг/кг АСВ, подвижного фосфора — 512,9 мг/кг АСВ. В совхозе «Мстиж» применяли осоково-гипновый торф со степенью разложения 25—30%, Ас — 13,0%, влажностью 63,0%, рН в КСl — 5,6. Содержание подвижных форм азота: нитратного — 908,9, аммиачного — 4579,8, подвижного фосфора — 951,8 мг/кг АСВ. В качестве контроля использовали солоmistый навоз в совхозе «Белорусский» и торфяной навоз в совхозе «Мстиж». Учетная площадь каждого варианта 1 га, предшественники — озимая рожь. Почвы опытных участков: в совхозе «Белорусский» — дерново-подзолистая связно-супесчаная, подстилаемая с глубины около 0,5 м моренным суглинком; в совхозе «Мстиж» — дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая с глубины около 1 м моренным суглинком. Исключительно высокий эффект от применения саморазогревающегося торфа получен в совхозе «Белорусский», где по сравнению с первым вариантом (навоз 30 т/га) получена прибавка урожая картофеля 50 ц/га. В аналогичных вариантах (совхоз «Мстиж») прибавка составила 14,3 ц/га. Экономическая эффективность применения разогретого торфа совместно с фосфорно-калийными удобрениями в совхозе «Мстиж» составила 841 руб. на 1 га картофеля по сравнению с 705 руб. при использовании 30 т навоза, а в совхозе «Белорусский» 868 и 570 руб. соответственно.

В целом производственная проверка эффективности саморазогревающихся торфов при внесении их с фосфорно-калийными удобрениями дала положительный результат.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дальнейший подъем сельского хозяйства, повышение плодородия почв и урожайности связано с осуществлением системы мер, разработанных ЦК КПСС и Правительством и изложенных в «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.» Наряду с ростом производства минеральных туков предусматривается рациональное использование органических удобрений, среди которых важное место отводится торфу. В связи с этим утвержденная Госпланом СССР «Генеральная схема комплексного использования торфяных месторождений на территории страны на перспективу 10—15 лет» выдвигает в качестве ведущего направления сельскохозяйственное использование торфа. На 1976—1980 гг. в республике предусмотрена добыча торфа для сельского хозяйства в размере 35—40 млн. т в год. Экономичное использование торфяных богатств республики должно быть осуществлено путем направленного применения отдельных видов торфа с учетом особенностей их химического и ботанического состава.

Автотермические процессы, протекающие при хранении торфа в штабелях и сопровождающиеся превращением труднодоступного связанного с органическим веществом азота в легкоусвояемые растениями формы — аммиак и легкогидролизуемый азот, позволяют мобилизовать огромные запасы содержащегося в торфе азота, увеличить подвижность органического вещества и тем самым повысить качество торфа как удобрения.

Выполненные исследования состава и свойств наиболее лабильных компонентов торфа — аминокислот и углеводов, а также превращений отдельных форм азота в процессе хранения дали возможность выявить механизм образования и установить оптимальные условия накопления подвижных форм азота, обосновать направления применения отдельных видов торфа и разработать научные основы технологических приемов изменения качественных характеристик торфа при его хранении.

Проведенные в широких масштабах исследования в производственных и лабораторных условиях показали, что наименее стойкой формой является аминный азот. Снижение его содержания сопровождается увеличением количества аммиака, что показывает роль остатков белковых веществ растений-торфообразователей как основного источника образования подвижных форм азота в широком интервале температур при хранении торфа. Во всех случаях снижение содержания аминного азота приводит к накоплению аммиака и более сложных азотсодержащих соединений, в том числе негидролизующихся 20%-ной соляной кислотой, что характерно для реакции меланоидинообразования.

Таким образом, не только в зоне интенсивного само-разогревания, но и на всех стадиях процесса обогащения торфа подвижными формами азота происходит главным образом за счет химического взаимодействия между аминокислотами и углеводным комплексом торфа по меланоидиновой реакции и сходно с процессами, протекающими при созревании перегноя, навоза и образовании гумусовых веществ почвы. Температура разогревания, регулирующая термогидролиз углеводов с образованием свободных моносахаридов, присутствие которых обуславливает интенсивность течения меланоидиновой реакции и образование аммиака,— решающий фактор накопления подвижных форм азота. Так как термогидролиз углеводов значительно ускоряется с повышением температуры в штабеле выше 75 °С, накопление аммиака также происходит наиболее быстро при температурах выше 75 °С. Однако в связи с длительным хранением торфа в штабелях (не менее 5—6 месяцев) оптимальной является температура 60—70 °С, но не выше 75 °С, что обеспечивает достаточную мобилизацию азота без значительных потерь органического вещества.

В процессе хранения торфа до 65% аминного азота переходит в легкогидролизующиеся азотсодержащие соединения, в составе которых на долю аммиака приходится в среднем 65%, а количество его достигает 16% от азота торфа. При разогревании до 45—70 °С реакция между аминокислотами и углеводами наряду с образованием аммиака приводит к синтезу промежуточных продуктов меланоидиновой реакции, гидролизующихся 20%-ной соляной кислотой, а с подъемом температуры выше 75 °С уве-

личивается количество негидролизующих азотсодержащих соединений.

При разогревании торфа ниже 70 °С, когда термогидролиз углеводного комплекса протекает медленно, добавка моносахаридов к торфу способствует более интенсивному распаду аминного азота и ускоряет процесс образования аммиака.

Выявлено, что низинные виды торфа невысокой степени разложения, наиболее широко представленные торфами травяной группы, отличаются повышенным содержанием гидролизующих азотсодержащих соединений, в том числе аминокислот: лизина, гистидина, аргинина и тирозина, наиболее активно участвующих в меланоидиновой реакции. С увеличением степени разложения для древесного, древесно-тростникового и тростникового видов торфа характерно повышенное количество азотсодержащих веществ, устойчивых в процессе гидролиза. Более высокое содержание углеводов и в их составе реакционноспособных пентоз наряду с повышенным количеством аминокислот в низинных торфах травяной группы, особенно осоковых, предопределяет интенсивное протекание химических процессов, а также повышенную склонность этих видов торфа к саморазогреванию при хранении.

На основании результатов выполненных нами исследований можно предложить следующие рекомендации.

Для оценки направлений применения торфа в сельском хозяйстве в его агрохимическую характеристику, кроме содержания общего азота, следует включить содержание аминного и аммиачного азота. При этом интенсивно разогревающиеся виды торфа травяной группы, главным образом осоковые, с содержанием 1,1—1,2% и более аминного азота на ОВ, в которых количество легкогидролизующего азота после саморазогревания достигает 0,3—0,5% на ОВ, могут быть использованы не только как органическое удобрение путем компостирования, но и для прямого внесения на поля в качестве источника азотного питания для растений. Так как большая часть азота в осоковом торфе развязывается при хранении уже в период добычи, то осоковый торф можно вывозить на поля в начале осени и использовать его как удобрение под озимые культуры. Слаборазогревающиеся при хранении древесные, древесно-тростниковые и тростниковые виды торфа содержат мало подвижного

азота и при прямом внесении в почву не могут обеспечить текущей потребности растений в азоте. Эти виды торфа лучше применять после более длительного хранения в штабелях не ранее весны следующего года, а также для приготовления на их основе компостов и других видов торфяных удобрений.

Наблюдениями за производственными штабелями установлено, что увеличение влажности с 45—50 до 60% приводит к снижению в два раза содержания аммиачного азота даже при хранении интенсивно разогревающего осокового торфа. В связи с этим следует пересмотреть показатель уборочной влажности торфа, добываемого на удобрение, снизив его до 45—50%, что будет способствовать накоплению подвижных форм азота и повышению качества торфа как удобрения.

Расчеты, сделанные с учетом физико-механических свойств торфа, автотермических процессов и механизма образования подвижных форм азота при хранении, позволили обосновать технологические приемы, обеспечивающие повышенное накопление аммиака в торфе в период хранения. Производственная проверка этих приемов показала, что наиболее эффективен способ периодической передвижки штабелей. Для складочных единиц, создаваемых в настоящее время в промышленности, следует рекомендовать не менее двух передвижек с интервалом 35—40 дней, что обеспечивает достаточно равномерное распределение аммиака по сечению штабеля и позволяет повысить среднее содержание его в торфе на 15—20%. Целесообразным приемом повышения содержания легкоусвояемых форм азота следует также считать хранение торфа в складочных единицах меньшей высоты с последующим их укрупнением 2—3 раза за сезон. Этот прием позволяет активизировать азот торфа равномерно по всему сечению штабеля и не требует дополнительного увеличения ширины подштабельной полосы.

Показано, что использование безводного аммиака с целью предупреждения самовозгорания и одновременного обогащения торфа подвижными формами азота — ценный способ повышения качества торфа как удобрения. Аммонизация торфа в штабеле приводит к изменениям его физико-химических свойств — объемной плотности, удельного веса, а также повышает его гидрофильность. Обработка безводным аммиаком сильнее из-

меняет химический состав, чем обработка аммиачной водой, в результате чего возрастают емкость поглощения аммиака и подвижность органического вещества торфа. Выявлен механизм взаимодействия безводного аммиака с углеводным комплексом торфа, обуславливающий накопление оксикислот и исключающий образование щавелевой кислоты, что понижает способность торфа к самовозгоранию. Предложена технологическая схема и создана установка для введения безводного аммиака в штабеля торфа. Трехлетними полевыми опытами установлено, что торф, обработанный безводным аммиаком в период хранения,— полноценное азотное удобрение, не уступающее по своему действию минеральным тукам и аммонизированным компостам из низинного торфа.

Данные об экономичности применения саморазогревающегося торфа совместно с фосфорно-калийными удобрениями свидетельствуют о том, что широкое использование его в колхозах и совхозах республики является дополнительным источником азотных удобрений. Характеристика торфа, поставляемого сельскому хозяйству на удобрение, должна в качестве обязательных показателей также включать данные о количестве аммиачного и общего азота, что позволит агрономам хозяйств более квалифицированно использовать торф. Анализы по определению общего и аммиачного азота могут выполнить инспекции Гикторфа в системе Министерства топливной промышленности РСФСР, инспекторские пункты Управления Госторффонда при Госплане БССР, а также лаборатории Государственной агрохимической службы Министерства сельского хозяйства.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Торфяная промышленность, 1973, № 3, 29.
2. Петербургский А. В. Известия ТСХА, 1973, вып. 4, 80.
3. Превращения торфа и его компонентов в процессе саморазогревания при хранении. Под ред. Н. С. Панкратова, Минск, 1972.
4. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения. М., 1976.
5. Лиштван И. И., Король Н. Т. Основные свойства торфов и методы их определения. Минск, 1975.
6. Тишкович А. В., Прасолова Т. Д. Агрохимическая природа торфа Белорусской ССР. В кн.: Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Минск, 1976, 3.
7. Манская С. М., Дроздова Т. В. Геохимия органического вещества. М., 1964.
8. Maillard L. C. Compt. rend. Acad. Sci. Paris, 1913, 156, 1159.
9. Enders C., Theis K. Brennstoff-Chemie, 1938, 19, N 15, 360.
10. Enders C., Theis K. Angewandte-Chemie, 1943, 56, N 41/42, 281.
11. Стадников Г. Л. Происхождение углей и нефти. М., 1937.
12. Фомина А. С., Наппа Л. А., Куузик М. Г. Химия твердого топлива, 1973, № 4, 69.
13. Дроздова Т. В. Геохимия органического вещества современных и ископаемых осадков. Автореф. докт. дис. М., 1974.
14. Позняк В. С., Ратнер А. Г., Раковский В. Е. Труды Института торфа АН БССР. Вып. 7. Минск, 1959, 152.
15. Бороздина Л. А. Труды ИГИ. Т. 17. М. 1962, 88.
16. Волосович Н. С., Маль С. С., Раковский В. Е. В кн.: Комплексное использование торфа. М.—Л., 1965, 67.
17. Maciak F. Roczniki nauk rolniczych, 1963, 87-A-4, 564.
18. Maciak F. Ekologia Polska. Warszawa, 1966, A, 14, N 11, 143.
19. Толчельникова С. Н. Характеристика верховых слаборазложившихся торфов как сырья для гидролизно-дрожжевого производства. Автореф. канд. дис. Л., 1972.
20. Кормовые дрожжи из торфа. Минск, 1977.
21. Маль С. С., Сливка З. М. Химия твердого топлива, 1977, № 2, 109.
22. Пидопличко А. П. Торфяные месторождения Белоруссии. Минск, 1961.
23. Эрдман М. Э., Маль С. С., Раковский В. Е. Заводская лаборатория, 1963, т. 29, № 9, 1058.
24. Методы биохимических исследований растений. М., 1952.
25. Пальмин И. А. Исследование состава аминокислот гидролизуемых веществ растений-торфообразователей и торфов. Автореф. канд. дис. Калинин, 1964.
26. Курбатов И. М. Торфяное дело, № 3, 39.
27. Kadner R., Ficher W., Shlungbaum G. Freiburger Forschungshefte, 1962, A, N 263, 159.

28. Органическая геохимия. Л., 1974.
29. Пономарева А. Н. Прикладная биохимия и микробиология, 1965, т. 1, № 5, 566.
30. Марх А. Т. Биохимия консервирования плодов и овощей. М., 1973.
31. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. М., 1963.
32. Резников В. М. Теория перколяционного гидролиза растительного сырья. М., 1964.
33. Скобеева Е. И. В кн.: Химия и химическая технология. Вып. 3 (24). М., 1967, 115.
34. Драгунов С. С. Шмелев Ф. Н. В кн.: Гуминовые удобрения, теория и практика их применения. Ч. II. Киев, 1962, 23.
35. Поваркова С. С., Максименко Г. И., Маль С. С. Весці АН БССР, сер. хім. навук, 1972 № 6, 102.
36. Шарков В. И., Куйбина Н. И. Химия гемцеллюлоз. М., 1972.
37. Вернер В. С., Шиманский В. С. Гидролизная и лесохимическая промышленность, 1970, № 6, 12.
38. Вернер В. С., Пигулевская Л. В., Важник А. В. В кн.: Исследование по технологии добычи, подготовки сырья и химической переработки верхового торфа. М., 1972, 39.
39. Ненецкая К. Д. Органическая химия. Т 2. М., 1963.
40. Наумова Г. В. Весці АН БССР, сер. хім. навук, 1969, № 2, 111.
41. Алешина В. М., Новичкова Е. А. В кн.: Химическая технология и химическое машиностроение. Калинин, 1974, 72.
42. Сопранов А. Р. Колчева Р. А. Красящие вещества и их влияние на качество сахара. М., 1975.
43. Манская С. М., Кодина Л. А. Геохимия лигнина. М., 1975.
44. Маль С. С., Максименко Г. И., Плоткина Ю. М., Юркевич Е. А. Химия твердого топлива, 1977, № 1, 52.
45. Алешина В. М. Влияние отдельных факторов на процесс гидролиза полисахаридов верховых торфов. Автореф. канд. дис. Калинин, 1968.
46. Пигулевская Л. В., Хоружик А. В. В кн.: Состояние и перспективы комплексного использования торфа. Минск, 1975, 190.
47. Щербаков П. А. Научные доклады высшей школы. Биологические науки, 1974, № 9, 122.
48. Богданов Н. Н. Полукоксование и газификация торфа. М.—Л., 1947.
49. Мамченков И. П., Озолина З. Д., Блинова Г. М. В кн.: Использование органических удобрений. М., 1966, 132.
50. Maksimov A. Leszyty problemowe postepow nauk rolniczych, 1955, 157.
51. Озолина З. Д., Блинова Г. М. Торфяная промышленность, 1963, № 2, 22.
52. Стрыгин Н. Н., Рубилина Г. Е. Труды ВНИИТП. Вып. XVIII. М.—Л., 1961, 76.
53. Сергеев Б. Ф. Торфяная промышленность, 1963, № 4, 20.
54. Maksimov A., Maciak F. Roczniki gleboznawcze, 1962, 11, 45.
55. Вавуло Ф. П. В кн.: Свойства почв и их плодородие. Минск, 1967, 276.
56. Мэль П. К., Горшкова А. М. Труды ВНИИТП. Вып. 15, М.—Л., 1957, 130.
57. Ключев Ю. П., Сеньчук А. И., Козлова А. Ф. В кн.: Комплексное использование торфа. М.—Л., 1965, 46.

58. Стрыгин Н. Н. Способ приготовления из торфа органического удобрения и биотоплива. Авторское свидетельство СССР, № 99 686, 1953.
59. Пивоваров Л. Р., Котлюба В. Г., Вульф Л. Н. В кн.: Гуминовые удобрения. Ч. II. Киев, 1962, 337.
60. Бахулин М. Д. Торфяная промышленность, 1960, № 3, 36.
61. Бахулин М. Д. В кн.: Гуминовые удобрения. Ч. II. Киев, 1962, 347.
62. Абрамов Ф. Г. Торфяная промышленность, 1961, № 6, 19—20.
63. Блинова Г. М. В кн.: Использование органических удобрений. М., 1972, 48.
64. Вавуло Ф. П., Коляда Т. I. Весці АН БССР, сер. с.-г. навук, 1969, № 1, 44.
65. Панкратов Н. С., Маль С. С., Сливка З. М., Поваркова С. С., Максименок Г. И. В кн.: Использование торфа в сельском хозяйстве. Минск, 1971, 64.
66. Пивоваров Л. Р., Котлюба В. Г., Вульф Л. Н. Торфяная промышленность, 1961, № 8, 26.
67. Вавуло Ф. П., Месеровский А. С., Корибская В. П., Коляда Т. И. В кн.: Использование торфа в сельском хозяйстве. Минск, 1971, 43.
68. Перлин С. И. Научные труды ВНИИ с.-х. районов Нечерноземной зоны. Вып. 20. М., 1968, 208.
69. Перлин С. И., Минкина И. И. Научные труды ЦТ БОС. Вып. 2. М., 1973, 178.
70. Вульф Л. Н., Цупров С. Н., Грановская В. П. Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Т. 4. Днепропетровск, 1973, 204.
71. Блинова Г. М. Условия и способы превращения азота торфа в соединения, усвояемые растениями. Автореф. канд. дис. М., 1975.
72. Месеровский А. С., Вавуло Ф. П. В кн.: Рациональное использование земель и удобрений (рекомендации). Минск, 1973, 150.
73. Маевская Л. М., Сергеев Б. Ф., Лашиев В. И. В кн.: Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Ч. 3. Киев, 1968, 169.
74. Панкратов Н. С., Турандий С. М., Маль С. С., Фалюшин П. Л. В кн.: Использование торфа и сапропелей в народном хозяйстве БССР. Минск, 1969, 205.
75. Панкратов Н. С., Маль С. С., Гаврильчик А. П., Фалюшин П. Л. Торфяная промышленность, 1972, № 6, 18.
76. Инструкция по проверке качества органических удобрений. М., 1971.
77. Маль С. С., Панкратов Н. С., Сливка З. М. и др. Агрехимия, 1971, № 2, 106.
78. Плоткина Ю. М., Маль С. С. Химия твердого топлива, 1972, № 5, 25.
79. Стрелков С. С., Малышев К. И. Труды ВНИИТП, Вып. 15. М.—Л., 1957, 25.
80. Стрыгин Н. Н. Труды ВНИИТП. Вып. 16. М.—Л., 1958.
81. Вернер В. С., Ракоўскі В. Е. Весці АН БССР, сер. хім. навук, 1965, № 1, 29.
82. Маль С. С., Поваркова С. С., Панкратов Н. С., Сливка З. М., Максименок Г. И. Химия твердого топлива, 1968, № 6, 111.

83. Поваркова С. С., Маль С. С. Весці АН БССР, сер. хім. навук, 1969, № 2, 83.
84. Naucke W. *Telma*, 1974, 4, N 30, 217.
85. Панкратов Н. С., Маль С. С., Поваркова С. С. Торфяная промышленность, 1972, № 7, 13.
86. Маль С. С., Поваркова С. С. Весці АН БССР, сер. хім. навук, 1977, № 1, 83.
87. Маль С. С., Максименок Г. И. Весці АН БССР, сер. хім. навук, 1971, № 3, 87.
88. Сухова С. И., Самочатова Е. П., Бесков С. Д. *Агрохимия*, 1967, № 2, 96.
89. Царева Р. И. Химизм торфяной почвы и рост растений. М., 1976.
90. Маль С. С., Сливка З. М., Поваркова С. С. Химия твердого топлива 1974, № 5, 127.
91. Кононова М. М. *Органическое вещество почв*. М., 1963.
92. Бельчикова Н. П. В кн.: *Органическое вещество целинных и освоенных почв*. М., 1972, 239.
93. Маль С. С., Хоробрых Л. З., Раковский В. Е. В кн.: *Химия и генезис торфа и сапропелей*. Минск, 1962, 102.
94. Маль С. С., Раковский В. Е., Хоробрых Л. З. В кн.: *Комплексное использование торфа*. Минск, 1965, 55.
95. Фалюшин П. Л., Маль С. С. Торфяная промышленность, 1972, № 2, 13.
96. Панкратов Н. С., Турандин С. М., Гаврильчик А. П. и др. Способ укладки фрезерного торфа. Авторское свидетельство № 355352, 1972.
97. Панкратов Н. С., Маль С. С., Сливка З. М., Лойко П. Г. *Вестник сельскохозяйственной науки*, 1975, № 4, 61.
98. Панкратов Н. С., Маль С. С., Сливка З. М., Лойко П. Г. Торфяная промышленность, 1976, № 12, 21.
99. Лойко П. Г. В кн.: *Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве*. Минск, 1976, 192.
100. Бамбалов Н. Н., Беленькая Т. Я. В кн.: *Мелиорация и проблемы органического вещества*. Минск, 1974, 92.
101. Кизель А. Р. *Практическое руководство по биохимии растений*. М., 1934.
102. Hodge I. E. J. *Food and Agric Chem.*, 1953, 1, N 13, 928.
103. Мрыша Г. Н. *Изв. Тимирязевской с.-х. академии*, 1966, № 5, 188.
104. Филимонов В. А. *Исследование процесса деструкции торфа методом термографии*. Автореф. канд. дис. Минск, 1962.
105. Фалюшин П. Л., Панкратов Н. С., Лиштван И. И. Торфяная промышленность, 1976, № 1, 13.
106. Фалюшин П. Л. *ДАН БССР*, 1974, № 8, 731.
107. Введенский Ю. Д. *Торфяная промышленность*, 1965, № 6, 18.
108. Ладутько В. Ф. *Торфяная промышленность*, 1955, № 6, 18.
109. Костюк Н. С., Бузук А. А. *Труды Института торфа*. Т. 8. Минск, 1959, 138.
110. Лупинович И. С. и др. *Сельское хозяйство БССР*, 1964, № 21, 15.
111. Тишкович А. В. *Теория и практика аммонизации торфа*. Минск, 1972.
112. Prus W. *Brennstoff-Chemie*, 1960, 41, N 1, 14.

113. Ушаков А. С., Влешинская А. С., Ткачева А. П. и др. Гетерогенные равновесия систем из неорганических и органических соединений. Фрунзе, 1974, 138.
114. Игловиков В. Г., Кулаков В. А., Нохрин Н. Ф. и др. Применение безводного аммиака на сенокосах и пастбищах. М., 1971.
115. Пожарский В. К. В кн.: Вопросы экономической эффективности производства и применения жидких азотных и комплексных удобрений. М., 1974, 87.
116. Вольфович С. И. Пути производства минеральных удобрений. М., 1973.
117. Жданов Ю. А., Дорофеев Г. Н. Химические превращения углеродного скелета углеводов. М., 1962.
118. Shleicher Harry, Daniels Cerola, Philipp Burkat. J. Polym. Sci., Polym. Sym., 1974, N 47, 251.
119. Сливка З. М., Гаврильчик А. П., Маль С. С. В кн.: Исследование по механической и химической переработке торфа. Минск, 1972, 212.
120. Маль С. С., Поваркова С. С., Панкратов Н. С. В кн.: Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Минск, 1976, 149.
121. Афанасьев Н. И., Мееровский А. С. Промышленность Белоруссии, 1964, № 2.
122. Мельничук П. П., Возна Г. П., Кирпичникова В. С. В кн.: Физиология питания растений. Киев, 1964.
123. Панкратов Н. С., Маль С. С., Сливка З. М., Блинова Г. М. Агрохимия, 1978, № 5.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава 1. Заготовка и хранение торфа для сельскохозяйственного использования . . . . .	5
Глава 2. Ботаническая и химическая характеристика основных видов торфа, используемых в сельском хозяйстве . . . . .	13
Ботанический состав, физические свойства и общетехническая характеристика (13). Характеристика азотсодержащих соединений торфа (15). Углеводный комплекс торфа (27)	
Глава 3. Об активизации питательных веществ низинного торфа в процессе его саморазогревания при хранении . . . . .	34
Пути повышения содержания подвижных форм азота при хранении торфа (34). Основные закономерности трансформации азотсодержащих соединений в интенсивно разогреваемом торфе (37). Накопление подвижных форм азота при хранении торфа в производственных штабелях (49). Лабораторные исследования по выявлению роли отдельных факторов в образовании подвижных форм азота при хранении торфа (72).	
Глава 4. Технологические приемы повышения качества торфа как удобрения в период хранения . . . . .	89
Выбор объектов исследования и методика закладки опытов (94). Результаты проверки некоторых технологических приемов уборки и хранения торфа по повышению содержания в нем подвижных форм азота (97). Применение безводного аммиака для повышения качества торфа как удобрения в период хранения (109).	
Глава 5. Использование торфа как удобрения в сельском хозяйстве . . . . .	129
Заключение . . . . .	142
Литература . . . . .	147

НИКОЛАЙ СТЕПАНОВИЧ ПАНКРАТОВ.

СУСАННА СЕМЕНОВНА МАЛЬ.

АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ ГАВРИЛЬЧИК и др.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОРФА КАК УДОБРЕНИЯ.

Редактор Л. Г. Максимова. Обложка С. Т. Савченко. Художественный редактор Л. И. Усачев. Технический редактор И. П. Тихонова. Корректор З. М. Райнес.

ИБ № 487.

Печатается по постановлению РИСО АН БССР. Сдано в набор 22.05.78. Подписано в печать 19.09.78. АТ 12187. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 4,75. Усл. печ. л. 7,98. Уч.-изд. л. 7,2. Тираж 3900 экз. Зак. № 706. Цена 65 коп. Издательство «Наука и техника». Минск, Ленинский проспект, 68. Типография им. Франциска (Георгия) Скорины издательства «Наука и техника» АН БССР и Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Минск, Ленинский проспект, 68.



65 коп.