

АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛОРУССКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ТОРФА

ТОРФ НА УДОБРЕНИЕ

Под редакцией
академика ВАСХНИЛ и АН БССР
С. Г. СКОРОПАНОВА

МИНСК
«НАУКА И ТЕХНИКА»
1983

А. В. ТИШКОВИЧ, А. С. МЕЕРОВСКИЙ, Г. П. ВИРЯСОВ,
Г. А. УСЮКЕВИЧ, Е. В. БАРАННИКОВА

Торф на удобрение.— Мн.: Наука и техника, 1983.— 103 с.

В книге приводятся общетехнические и агрохимические свойства торфа. Отмечаются его агрономическая ценность и перспективность использования как основы для приготовления эффективных органических и органоминеральных удобрений. Показано влияние торфа и торфяных удобрений на плодородие почвы. Излагаются научные предпосылки направленной активизации органического вещества торфа, позволяющие создавать новые, более эффективные органические и органоминеральные удобрения на его основе. Приводится описание новых способов аммонизации торфа и получения на его основе новых видов комплексных гранулированных органоминеральных удобрений. Даны рекомендации по применению различных видов существующих и новых удобрений под основные сельскохозяйственные культуры, приводятся данные по их агроэкономической эффективности, выявленной в сопоставляемых условиях.

Рассчитана на научных работников, специалистов сельского хозяйства, инженерно-технический персонал торфяной и ряда химических отраслей промышленности.

Табл. 44. Ил. 9. Библиогр.— 62 назв.

Рецензенты:

В. Г. Горбутович, канд техн. наук,

В. Г. Шныриков, канд. с.-х. наук

3802020000—043

Т—95—83

М316—83

Интенсификация растениеводства неразрывно связана с уровнем производительной способности земель. Плодородие почв на большей части Нечерноземной зоны СССР во многом определяется содержанием и запасами органического вещества. Из органических удобрений наиболее широко применяются навоз, торф, торфонавозные компосты, смеси навоза и торфа. В некоторых хозяйствах используют жидкий навоз, птичий помет, сапропели, зеленое удобрение.

На долю торфа в общем объеме применяемых органических удобрений в Белоруссии приходится от 45 до 50%, или по 5—6 и 9—10 т/га применительно к двум разностям почвенных условий — суглинистых и супесчаных на морене и супесчаных почвах на песках. В десятой пятилетке на удобрение в БССР заготавливалось до 35—38 млн. т торфа, или более 20% общесоюзной добычи для сельскохозяйственных нужд.

Такие темпы эксплуатации торфяных месторождений, учитывая ограниченность их ресурсов, а также расход определенного количества торфа на топливно-энергетические цели и неизбежную минерализацию органического вещества на сельскохозяйственных угодьях, могут привести в ближайшие десятилетия к резкому сокращению запасов этого ценного органического сырья.

Следует иметь в виду также, что заготовка и внесение огромных количеств торфяных удобрений на поля требуют крупных материальных затрат, напряженной работы машинно-тракторного парка, особенно в зимний период. Оправданы ли эти усилия и всегда ли агрономически и экономически целесообразно использование торфа на удобрения в больших объемах? Однозначно ответить на этот вопрос не представляется возможным.

Современные представления о многообразии торфов,

их физико-химических, биологических и технических свойствах позволяют дифференцировать их использование, определить оптимальные интервалы взаимодействия с различными компонентами, в том числе и с минеральными промышленными туками. Выполнены фундаментальные исследования, направленные на мобилизацию азота торфа, образно названного Д. Н. Прянишниковым азотной рудой. Разработан ряд технологий производства удобрений на основе торфа. Главное направление исследований — максимальное использование высокой ионообменной и поглотительной способности торфа, усиление его биологической активности, расширение спектра и повышение концентрации питательных веществ в торфяных удобрениях [1].

В последние десятилетия в Белоруссии сформировалась индустрия по производству минеральных удобрений. При их изготовлении образуется значительное количество отходов, содержащих важные для растения элементы питания. Авторами разработаны пути утилизации отходов калийного и суперфосфатного производства, осадки сточных вод, коммунально-бытовых и промышленных отходов, превращения их с помощью торфа и с добавлением других питательных веществ в ценные многокомпонентные органоминеральные удобрения.

В книге обобщены результаты многолетних исследований Института торфа АН БССР, Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии, других научных учреждений страны, а также опыт передовых колхозов и совхозов по вопросам рационального использования торфа на удобрения.

ТОРФ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА Г**1.1. ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФА**

Разнообразие экологических условий образования торфа находит прежде всего отражение в его геоботанической природе. Характеристика торфа, как правило, всегда начинается с определения ботанического состава и установления его принадлежности к тому или иному виду. Под руководством С. Н. Тюремнова разработана генетическая классификация торфа [2], которая охватывает 40 видов, разделяющихся на три типа: низинный, верховой и переходный. Каждый тип состоит из подтипов — лесного, лесотопяного и топяного, которые в свою очередь разделяются на группы — древесную, древесно-травяную, древесно-моховую, травяную, травяно-моховую и моховую.

Растительный покров торфяного месторождения, являясь чувствительным реагентом на изменение водно-минерального питания, находит отражение в ботаническом составе торфа и поэтому дает представление о его минеральной и органической частях.

При выборе направления использования торфа в сельском хозяйстве большое значение придается его видовой принадлежности. Например, установлено, что торф травяной и древесной групп богаче гуминовыми веществами и азотом, чем моховой, но беднее углеводами. Древесные виды торфа содержат еще больше гуминовых веществ и меньше углеводов по сравнению с травяными.

По ботаническому составу можно судить о водопоглотительных свойствах торфа, которые значительно выше у видов торфа моховой и травяно-моховой групп, чем у древесной и древесно-травяной.

Важной характеристикой торфа является его показатель степени разложения. Она колеблется в широком

диапазоне — от 1—5 до 60—80%. С ее возрастанием количество углеводов в торфе уменьшается, а гуминовых веществ увеличивается. Степень разложения при определенном ботаническом составе оказывает большое влияние на влагоемкость торфа — по мере ее снижения влагоемкость возрастает. Со степенью разложения в той или иной мере связаны почти все другие свойства торфа. С геоботаническим составом и степенью разложения наиболее тесно связаны свойства и показатели торфа верхового типа. У торфа низинного типа с повышением содержания зольной части такая связь почти не выявляется [3].

Сельскохозяйственная ценность торфа во многом, а иногда и в основном определяется его органической частью. Органическое вещество торфа состоит из битумов, гуминовых веществ, углеводов, трудногидролизуемых веществ (или целлюлозы) и негидролизуемого остатка (лигнина). Гуминовая часть представляет для земледелия наибольшую ценность. В составе гуминовых веществ различают гуминовые кислоты и фульвокислоты. Несмотря на большое количество исследований, структура гуминовой кислоты и природа ее образования еще далеко не изучены. Установлено, что природные гуминовые вещества почвы из торфов представляют собой соединения кислотной природы, содержащие ароматические комплексы и белковоподобные компоненты, отщепляющие при гидролизе аминокислоты [4]. Всего обнаружено более 17 аминокислот. В наибольшем количестве встречаются глютаминовая кислота, глицин и треонин.

Гуминовые кислоты, имея различный химический состав, но общий тип строения, относятся к гетерополиконденсатам, не являющимся химически индивидуальными соединениями.

Состав и содержание гуминовых веществ различны не только в пределах групп торфов, но и для одного и того же вида. Среднее содержание гуминовых кислот в торфе низинного типа составляет 38—40%, переходного — 35—39 и верхового — 24—26%, фульвокислот — 16—17% для торфа низинного типа, 17—19% для переходного и верхового.

К важнейшей характеристике торфа относится элементный состав органического вещества торфа (углерод, кислород, водород, азот и сера). Этот показатель отражает характер изменения органической части торфа в

процессе образования. При биохимическом разложении растений-торфообразователей содержание углерода увеличивается в среднем от 50 до 64%, кислорода снижается с 50 до 27%, водорода несколько возрастает — от 5,7 до 6,2%. В торфах всегда обнаруживается небольшое количество серы.

Особое значение для сельского хозяйства имеют содержание и формы азота в торфе. В различных видах торфа количество азота колеблется от 0,7 до 4,1% на органическое вещество. По сравнению с другими элементами азот обнаруживает более тесную связь с типовой принадлежностью торфов. Наибольшее количество его содержится в низинном торфе, меньше — в верховом. По видовым группам содержание азота характеризуется следующим образом: повышенное количество у древесных, наименьшее у моховых и среднее у травяных. В нормально зольном торфе с увеличением зольности возрастает содержание азота. По мере вторичного засоления зависимость приобретает обратный характер. Основное количество азота в торфе приходится на гуминовые вещества. Кроме того, он обнаруживается в лигнине, битуме [4] и других соединениях. Очень важно содержание в торфе доступных для растений форм азота: аммиачного, нитратного, легкогидролизуемого, а также амидного и аминного, которые при кислотных выделениях растений частично могут ими усваиваться [5].

По данным «Геолторфразведки», торф различных типов характеризуется формами азота, приведенными в табл. 1 [3].

Важным свойством торфа является кислотность. В почвоведении различают следующие виды кислотности: актуальную (активную) и потенциальную (скрытую), которая в свою очередь подразделяется на обменную и гидролитическую [6].

Обычно торф имеет кислую реакцию, что зависит от его химической природы — содержания органических кислот и присутствия подвижного алюминия. Величина гидролитической кислотности в торфе изменяется в широких пределах — от 1—2 до 150—160 мг-экв на 100 г абсолютно сухого вещества. В низинном торфе эти кислоты в значительной степени нейтрализованы кальцием и другими катионами, поэтому он имеет более низкую

Формы азота в торфе различных типов, % от общего содержания

Тип торфа	Легкоусвояемые формы азота					Белковый и гу- миновый азот
	аммиачная	нитратная	амид- ная	амин- ная	итого	
Низинный	1,4	2,3	4,0	0,1	7,8	92,2
Переходный	4,5	1,6	1,7	0,3	8,1	91,9
Верховой	14,1	5,8	5,3	1,1	26,3	73,7

кислотность, в верховом ввиду малого содержания кальция она наиболее высокая.

Значение рН торфов незначительно зависит от состояния анализируемого образца и поэтому служит стабильным признаком типа торфа: для верхового рН (KCl) — 2,6—3,1, переходного — 3,2—4,6, низинного — 4,6—5,8 [7].

Различные виды торфа обладают неодинаковыми водными свойствами — влагоемкостью и фильтрационной способностью. Показатель влагоемкости торфа имеет важное значение при определении пригодности его для использования в качестве подстилочного материала на животноводческих фермах. Водоудерживающая и фильтрационная способность торфа играет большую роль при внесении его в почву, особенно для почв легких по механическому составу. Влагоемкость различных торфов зависит от ботанического состава, степени разложения, дисперсности органической части и других показателей и колеблется в широких пределах — 200—1200% абсолютной влажности.

Торф верхового типа обладает более высокой влагоемкостью, чем переходный и особенно низинный. В пределах одного типа повышенной влагоемкостью отличаются виды торфа, представленные моховой и травяно-моховой группами растений-торфообразователей. С увеличением степени разложения влагоемкость торфа уменьшается.

Фильтрационная способность торфа также колеблется в широких пределах — от 2—3 до 50—100 см/сут. С увеличением степени разложения и дисперсности торфа этот показатель снижается.

Агрономическая ценность торфа в значительной мере

определяется его неорганической частью, составом и содержанием зольных элементов. Эти свойства торфа, обусловленные водно-минеральным режимом среды образования торфяной залежи, очень часто являются диагностическими при определении его природы.

Зольность в торфе колеблется от 1,5—2,0% до заиленности (свыше 50—60%). Различают конституционную зольность и вторичную, определяющие нормально зольные и зазолненные виды торфа. Верхняя граница нормально зольного торфа для верхового типа 4,5—5,5%, для низинного 9—12% [8, 9].

В составе зольных элементов торфа верхового типа, питающегося в основном за счет биогенной миграции минеральных веществ из нижних горизонтов и поступлений в виде пыли из атмосферы, преобладает кремний. Переходные виды торфа содержат больше алюминия и железа. Низинный торф, питающийся в основном грунтовыми водами, наряду с алюминием и железом обогащен кальцием (до 4—5%).

Содержание кальция в низинном торфе играет роль регулятора процесса распада органического вещества в торфогенном слое, нейтрализуя кислотность и интенсифицируя микробиологическую деятельность. С увеличением конституционной зольности низинного торфа содержание кальция, как правило, возрастает. Однако для всех случаев процесса торфообразования это не характерно. В условиях обильного поступления на торфяник грунтовых вод, содержащих соли карбонатов, формируется зазолненный кальцием известковый торф — до 30% CaO с невысокой степенью разложения. Верховой торф содержит около 0,2—0,3% CaO, переходный—0,8—1,1% CaO. При этом пушицевые, сосново-пушицевые и некоторые другие виды верхового торфа, являющиеся сильно кислыми, в то же время имеют повышенную степень разложения.

Фосфор в торфе содержится в незначительном количестве — 0,01—0,3%. При этом на водорастворимую форму фосфора приходится около 1% от общего содержания; до 60% его входит в состав органических веществ. Остальное количество находится в малоподвижных минеральных (фосфаты алюминия, железа и кальция) и органоминеральных комплексных соединениях. В зазолненных низинных видах торфа встречаются про-

слойки вивианита вторичного происхождения — фосфорно-кислая закисная соль железа ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). В чистом виде в вивианите содержится 28—29% P_2O_5 , в вивианитном торфе (мелкие очаговые вкрапления вивианита в торфяной залежи) — до 8%.

Калия в торфе находится еще меньше, чем фосфора. В высокозольных видах торфа обнаруживается некоторое количество калия в подвижной форме, в других случаях он малоподвижен [10]. Взаимосвязи между содержанием калия и фосфора в торфе не обнаруживается.

Количество свободного алюминия в торфе имеет обратную зависимость от содержания кальция. Алюминий весьма характерен для отдельных типов торфа. В верховом торфе его содержится 6—10 мг-экв, переходном — 3—6 и низинном — 0—3 мг-экв на 100 г абсолютно сухого вещества [3]. Исследованиями Д. Н. Прянишникова [11] установлено, что содержание 1 мг/л алюминия в растворе угнетает развитие культурных растений. Поэтому при использовании торфа в сельском хозяйстве очень важно знать содержание в нем алюминия, особенно его подвижной формы. Выявлено, что в торфах с $\text{pH} > 5,5$ подвижного алюминия не имеется.

Железа в торфе содержится примерно столько же, сколько кальция. Количество его определяется больше типом торфа, чем видом. В верховом торфе железа содержится до 0,5%, переходном — до 1, низинном — до 3% на сухое вещество. При значительном количестве железа торф токсичен для растений. В условиях зазольнения торфяных залежей встречается охристый торф с содержанием Fe_2O_3 до 24% на сухое вещество.

Сера в торфе находится в незначительных количествах и лишь в местах, где на поверхность выклиниваются воды с высоким ее содержанием, образуются сернистые прослойки. Содержание серы в основном не зависит от вида торфа, хотя ее больше обнаруживается в тростниковом торфе.

В торфе также мало магния. Преобладающей формой аккумуляции магния в верховом торфе, так же как и кальция, является обменная в переходном и необменная в низинном. Содержание магния и кальция в торфах находится в широком соотношении, что, как показывают исследования А. В. Петербургского [12], отрицательно влияет на нормальное развитие растения.

В торфе обнаруживается около 40 микроэлементов, составляющих в сумме до 1% от общей зольности. Среди них встречаются марганец, молибден, олово, цинк, никель, кобальт, медь, свинец, бор и др. Микроэлементы в основном аккумулируются гуминовой частью торфа [13]. Наиболее богат микроэлементами низинный торф. В нем содержится 1,5—61 мг/кг меди, 2,5—42,1 цинка, 51—2100 марганца и 1—7 мг/кг бора. Недостаточное количество меди (менее 10 мг/кг) вызывает у культурных растений болезнь, получившую название «болезнь обработки». Объясняется это не только низким валовым содержанием меди в торфе, но и очень малой подвижностью ее — до 30% от валового количества.

Исследования, проведенные А. Сапеком [14], показали, что верхние слои торфяных месторождений Польши от выпадения радиоактивных осадков в результате промышленной деятельности человека накапливают свинец, фосфор и калий. Так, содержание свинца в верхнем горизонте торфяного месторождения «Кувасы» достигло 6—9 кг/га.

Важнейшей причиной колебаний в торфе содержания зольных макро- и микроэлементов являются соответствующие колебания химического состава питающих вод, что обуславливается гидролитическими условиями залегания месторождений [2, 15]. Тем не менее очень часто разноименные виды торфа одного торфяного месторождения более близки между собой по химической природе и свойствам, чем одноименные различных месторождений. Это связано с тем, что на одном торфяном месторождении, питающемся примерно одинаковыми по минеральному составу водами в силу различных экологических факторов, могут развиваться отличные в пределах подтипов и групп растительные ассоциации, отлагающие соответственно разноименные виды торфа, которые более близки между собой по ряду химических и агрохимических свойств и показателей, чем одноименные виды различных месторождений [9, 16].

И. И. Лиштван и Н. Т. Король [3] в результате изучения корреляционных связей между различными свойствами и показателями торфа (35 признаков) установили, что в верховом торфе большинство свойств определяется степенью биохимического распада исходного сырья, в низинном—составом неорганической части. Достовер-

ных связей между признаками в верховом торфе больше, чем в низинном. Не обнаружили надежных связей с другими свойствами влага, водород, трехвалентные металлы, фосфор общий, сера, фульвокислоты. Азот коррелирует со степенью разложения, он находится в обратной связи с легко- и трудногидролизуемыми веществами, в прямой — с гуминовыми кислотами. Содержание кальция коррелирует со многими свойствами и особенно с кислотностью торфа.

Таким образом, торф по своей природе и свойствам весьма многообразен. При этом неоднородность его характерна не только по отдельным видам различных торфяных месторождений, но и в равной мере различным горизонтам и участкам одной и той же торфяной залежи. Все это благоприятствует получению из торфа различных продуктов и препаратов, но и в то же время предопределяет комплексность разработки торфяных месторождений с учетом природы и свойств слагающих ее торфов. При этом резко возрастает экономичность и эффективность использования торфа как в целом в народном хозяйстве, так и в сельскохозяйственной отрасли.

1.2. ВЛИЯНИЕ ТОРФА И ТОРФЯНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

Торфяные удобрения оказывают многостороннее действие на плодородие почв. Они значительно улучшают физико-химические свойства почв, особенно легкого механического состава, положительно влияют на их водный и воздушный режимы и в целом создают благоприятную основу для рационального использования минеральных туков.

С органическими удобрениями, в том числе и торфяными, в почву поступает большая доля питательных веществ. В среднем по Белоруссии за 1971—1975 гг. она составила 58% азота, 35% фосфора, 36% калия.

Важным свойством торфяных удобрений является сравнительно медленная минерализация их органического вещества и постепенное освобождение содержащихся питательных элементов. Для песчаных и супесчаных почв, имеющих малую поглотительную способность, роль торфяных удобрений возрастает, так как они в значительной мере уменьшают вымывание элементов питания атмосферными осадками.

Разложение и минерализация органического вещества на поверхности почвы и особенно внутри нее под влиянием жизнедеятельности низших организмов и микробов являются главными источниками углекислоты в приземном слое воздуха.

При длительном применении торфяных удобрений повышаются влагоемкость почвы, ее поглотительная способность, что крайне важно для легких почв. Улучшается структурное состояние связных почв, возрастает содержание водопрочных агрегатов. Исследования, проведенные на дерново-подзолистых песчаных почвах в восьмипольном севообороте при внесении средних и высоких доз навоза и торфа, выявили снижение плотности почвы в пахотном слое на 1,4%, увеличение капиллярной влагоемкости на 5,9%, запасов воды на 37 т/га [21]. Эти изменения в основном сохранились и на протяжении второй ротации севооборота, т. е. в течение 16 лет (табл. 2).

Таблица 2

Изменение водно-физических свойств пахотного горизонта песчаной почвы под влиянием органических удобрений (Калинковичский район, 1957 — 1973 гг.)

Показатель	Количество органических удобрений на 1 га севооборотной площади, т			
	без удобрений (контроль)	без органических удобрений	7,5	27,5
Плотность, г/см ³ :				
1965 г.*	1,45	1,43	1,42	1,36
1973 г.*	1,44	1,40	1,45	1,34
Полевая влагоемкость, %:				
1965 г.	10,6	10,6	11,1	12,2
1973 г.	11,0	11,6	11,5	12,5
Капиллярная влагоемкость, %:				
1965 г.	27,1	28,7	29,4	33,0
1973 г.	25,2	26,7	26,3	32,8
Запас воды в почве, т/га:				
1965 г.	309	296	314	346
1973 г.	317	311	336	335

* 1965 г. — конец 1-й ротации 8-польного севооборота; 1973 г. — конец 2-й ротации 8-польного севооборота.

Аналогичные закономерности получены в многолетних стационарных опытах Гродненской областной опытной станции, где внесение органических удобрений в составе навоза и торфа положительно влияло на полевую влагоемкость и плотность дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы (рис. 1).

Различные виды торфа неодинаково влияют на свойства почвы. Например, низинный торф в меньшей степени увеличивает влагоемкость, чем переходный и верховой. Существенно изменяется влагоемкость при внесении

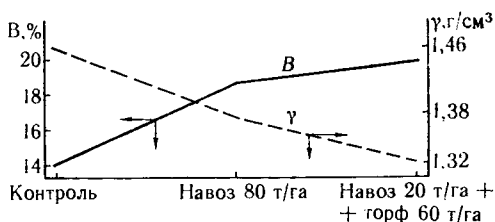


Рис. 1. Влияние органических удобрений на водно-физические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы (Н. И. Афанасьев): В — полевая влагоемкость; γ — плотность

удобрений на основе различных по ботаническому составу торфов.

Высокая поглотительная способность торфа дает основание рассматривать удобрения, приготавливаемые на его основе, как средство, улучшающее физико-химические свойства почв. В опыте на полесской опытной сельскохозяйственной станции «Липово», где для повышения плодородия дерново-подзолистой песчаной почвы использовали 17,5 т/га торфа и навоза на фоне минеральных удобрений и известкования, значительно увеличились сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями и содержание гумуса и общего азота в почве (табл. 3) [25].

Характерно, что органические удобрения, внесенные в первой ротации восьмипольного севооборота, в течение второй ротации (последействие) по-прежнему продолжали оказывать существенное влияние на показатели почвенного плодородия.

Установлена большая устойчивость органического вещества торфа и торфяных удобрений к минерализации по сравнению с зелеными удобрениями и навозом. Накопле-

Влияние торфяных удобрений на физико-химические свойства дерново-подзолистой песчаной почвы [25]

Внесено на 1 га в среднем за год	Сумма поглощенных оснований, мг-экв на 100 г почвы		Степень насыщенности основаниями, %		Содержание, %			
	1965	1973	1965	1973	гумус		общий азот	
					1965	1973	1965	1973
0	2,15	2,29	45,8	51,6	1,53	1,46	0,062	0,066
7,5	2,38	2,31	52,5	48,2	1,69	1,80	0,078	0,081
17,5	3,54	3,14	52,6	54,7	2,23	2,00	0,105	0,090
27,5	5,30	3,25	62,4	57,1	2,82	2,29	0,125	0,104
В начале опыта в 1957 г.	0,76		20,6		1,68		0,084	

ние гумуса в почве может быть ускорено при совместном использовании сидеральной массы с соломой злаковых культур и торфяными удобрениями. Накоплению гумуса в почве способствует применение торфа, торфонавозных компостов, простых смесей торфа и навоза. Важное значение при этом имеет соотношение торфа к навозу. В опытах на супесчаных почвах Полесья торфонавозные компосты при соотношении торфа и навоза 1 : 1 оказывали более сильное действие на накопление гумуса и образование водопрочных агрегатов, чем чистый навоз (табл. 4) [28].

Отмечая исключительную роль всех видов удобрений для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, следует иметь в виду, что эффективность их значительно возрастает при комплексном

Таблица 4

Влияние торфонавозного компоста и навоза на содержание гумуса и агрегатный состав дерново-подзолистой супесчаной почвы (Я. П. Кошелев, 1968)

Вариант опыта	Содержание гумуса, %	Количество водопрочных агрегатов, %
Без органических удобрений	1,03	35,2
40 т/га навоза	1,04	40,1
20 т/га торфонавозного компоста (ТНК)	1,14	45,4
40 т/га ТНК	1,26	51,2

использовании органических и минеральных удобрений на фоне известкования. При совместном применении различные виды удобрений дополняют друг друга и оказывают более существенное влияние на плодородие почвы и ее продуктивность, чем при раздельном, особенно на легких почвах. Так, недостатком зеленых удобрений является то, что они быстро минерализуются и поэтому проявляют непродолжительное действие на урожай и слабое на свойства почв. Добавление к зеленому удобрению хорошо разложившегося торфа уменьшает потери азота, высвобождающегося при разложении зеленой массы, и способствует его более рациональному потреблению.

Исследованиями БелНИИ почвоведения и агрохимии и БелНИИ земледелия выявлена возможность повышения плодородия легких песчаных и супесчаных почв путем применения зеленого удобрения в сочетании с низинным торфом, навозом и минеральными удобрениями. Органические удобрения вносят в паровой клин и на поля, предназначенные для пропашных культур, а минеральные туки и известь — в соответствии с биологическими особенностями и потребностями растений. При этом низинный, хорошо разложившийся торф вносят под зяблевую вспашку в дозе 60—100 т/га совместно с фосфорно-калийными удобрениями под люпин. В этом случае люпин наращивает большую зеленую массу. По люпиновому пару высевается озимая рожь, после чего воз-

Таблица 5

Изменение запасов влаги в песчаной почве при внесении торфа

Вариант опыта	Горизонты почвы, см	Запас воды	
		т/га	%
Контроль	0—20	378	100,0
	20—40	334	100,0
	40—60	142	100,0
	60—80	98	100,0
	0—80	952	100,0
200 т/га торфа	0—20	448	118,5
	20—40	342	102,3
	40—60	178	125,3
	60—80	134	136,7
	0—80	1102	115,7

Изменение механического состава почвы после внесения суспензии торфа

Глубина почвы, см	Содержание фракций, мм							Сумма частей <0,01
	>1	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	
	<i>Контроль</i>							
0—20	3,30	34,39	47,51	5,96	3,50	2,39	2,95	8,84
20—40	7,40	33,50	47,28	6,30	0,91	1,13	1,48	3,52
40—60	16,39	34,62	40,22	7,01	0,45	0,36	0,94	1,75
60—80	20,00	31,39	39,80	7,04	1,00	0,12	0,65	1,77
80—100	15,80	28,70	47,03	6,08	0,70	0,41	1,28	2,39
	<i>После внесения 350 т/га торфа на 7-й год</i>							
0—20	3,70	28,65	43,06	12,27	3,13	5,41	3,78	12,32
20—40	8,40	34,52	41,00	7,60	2,77	2,51	3,20	8,48
40—60	15,20	39,72	28,33	11,09	0,86	2,60	1,70	5,16
60—80	17,80	26,78	46,57	5,73	0,91	0,89	1,42	3,12
80—100	12,40	34,19	46,36	6,11	1,06	0,59	0,29	1,94

Изменение агрохимических свойств

Вариант опыта	Глубина, см	рН в КСl	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований
			мг-экв/100 г	
Контроль	0—20	5,41	1,90	2,50
	20—40	4,77	2,00	0,45
	40—60	4,75	1,22	0,35
Торф, 200 т/га	0—20	5,64	1,75	4,60
	20—40	5,05	1,83	1,60
	40—60	4,78	1,20	0,50

дельвается люпин на зеленое удобрение, которое вместе с навозом и минеральными туками используется под картофель. После картофеля на супесчаной почве высевается ячмень, на песчаной — гречиха по минеральным удобрениям. Если в последующем звене севооборота имеется кукуруза на силос, то под зяблевую вспашку вносят 60 т/га торфяного навоза.

Приемы повышения плодородия легких почв, основанные на насыщении севооборота посевами бобовых культур при системе удобрений с повышенными дозами органических удобрений, способствуют значительному улучшению физико-химических и биологических свойств почв, водного и пищевого режима для растений. Вследствие этого продуктивность севооборота возрастает в 2—2,5 раза. Так, на полесской сельскохозяйственной опытной станции «Липово» на связносупесчаной почве урожай озимой ржи по описанной выше системе удобрений повысился в среднем за три года с 11,4 до 25,4 ц/га, картофеля—со 153 до 248, гречихи—с 7,6 до 12,3, зеленой массы кукурузы — со 171 до 443, овса — с 15,2 до 30,9 ц/га.

Высокая эффективность комплексного применения удобрений была получена в производственных опытах в колхозе «Красный партизан» Столбцовского района на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками.

Как уже отмечалось, внесение торфяных удобрений, обладающих высокой поглотительной способностью, обеспечивает улучшение водного режима легких почв и способствует уменьшению потерь растворимых питательных

песчаной почвы при внесении торфа [25]

Степень насыщенности основаниями	Азот	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	M	Гумус, %
%	мг/100 г		мг-экв/100 г			
56,8	0,041	7,70	2,45	1,22	0,55	1,04
17,9	0,025	7,40	1,93	0,94	0,30	0,54
22,3	0,012	4,81	1,73	0,77	0,42	0,24
72,9	0,041	13,75	5,63	2,18	0,72	1,49
46,6	0,025	9,38	3,30	1,08	0,49	0,87
29,4	0,016	6,95	3,17	1,51	0,66	0,25

веществ в результате вымывания. В лизиметрических опытах на дерново-подзолистой песчаной почве экспериментальной базы «Подолесье» Речицкого района при внесении за четыре года 80 т/га торфа и 40 т/га навоза потери азота снижались с 21,7 до 11%, а калия — с 10,2 до 9,7% от внесенного количества.

В Белоруссии при мелиорации Полесской низменности для регулирования стока и водного режима предусматривается строительство более 30 водохранилищ и рыбхозов. Большинство из построенных и планируемых водоемов полностью или частично располагается на торфяных месторождениях. В зоны затопления попадают миллионы кубометров в основном низинного торфа. Технология выработки торфа из зон затопления и пути его рационального использования разработаны Институтом торфа АН БССР [43]. Речь идет о коренном преобразовании малопродуктивных преимущественно песчаных почв с помощью высоких доз торфа, т. е. так называемым мелиоративным торфованием. По этому способу внесение 200 т/га торфа приводит к значительному повышению запасов влаги и изменению механического состава почвы в результате проникновения вместе с водой мелких частиц и кольматации их на глубине до 1 м (табл. 5, 6). Характерно, что рост запасов влаги наиболее существен в нижних слоях почвы.

По данным БелНИИ почвоведения и агрохимии, полученным на песчаных почвах Речицкого района Гомельской области, при внесении 200 т/га торфа значительно

улучшились агрохимические свойства и пищевой режим почвы (табл. 7).

Использование торфа для повышения плодородия почв осуществимо и экономически выгодно в районах, где эти почвы вклиниваются в мелиорированные массивы торфяников.

Таким образом, анализ применения различных видов торфяных удобрений свидетельствует об их многогранном воздействии на плодородие почв. Это подтверждает опыт многих колхозов и совхозов Белоруссии.

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫХ УДОБРЕНИЙ

Рассредоточенность торфяников по территории Белорусской республики, наличие торфа разнообразной природы и свойств благоприятствуют возможности приготовления на его основе различных видов удобрений в непосредственной близости к местам их применения. В колхозах и совхозах в настоящее время повсеместно приготавливаются торфонавозные компосты и смеси (в отдельных случаях торфофекальные, торфожижевые, торфонизвестковые компосты и смеси) и другие виды удобрений на торфяной основе.

В отечественной и зарубежной литературе накоплен большой научный и практический материал по приготовлению и применению органических удобрений на основе торфа. Под руководством Д. Н. Прянишникова были разработаны различные способы компостирования торфа. В компостировании торфа он видел большую возможность активизации его азота.

На основе торфа в больших объемах приготавливается торфяной навоз. Он накапливается на животноводческих фермах, где торф используется в качестве подстилочного материала, на выгульных дворах и площадках летних лагерей скота. Эффективность торфонавозных компостов, смесей и торфяного навоза в каждом отдельном случае при этом неодинакова и зависит от условий и технологии их приготовления.

В последнее время торф применяется для получения смесей и компостов с жидким и полужидким навозом, накапливающимся на животноводческих комплексах и фермах.

Торфонавозны компосты. Способы приготовления торфяных компостов могут быть различными: в поле на месте их применения, в навозохранилищах, на выгульных площадках и т. д.

Торфонавозные компосты приготавливаются при больших соотношениях навоза к торфу — от 1 : 1 до 1 : 4. Технология их приготовления сводится к послойной укладке торфа и навоза. При этом нижний до 0,5 м слой укладывается из торфа. Образованный штабель высотой 1,5—2 м прикрывается сверху и с боков также торфом. Иногда послойная укладка навоза заменяется очаговой. Размеры штабелей обычно имеют ширину 3—4 м, длину не менее 6—8 м.

Компосты приготавливаются на полевых участках, преимущественно в зимний период. Иногда их готовят вблизи животноводческих помещений. При механизированном приготовлении компостов торф и навоз доставляются самосвалами, а на подравнивании укладываемых материалов и штабелей в целом применяются бульдозеры. При правильном компостировании торфа с навозом накапливаются биологически активные вещества типа витаминов и ростовых веществ [17].

По данным ВИУА, повышается подвижность азота торфа. Так, в опыте с применением ^{15}N было установлено, что коэффициент использования азота торфа при компостировании повысился до 20% от общего его содержания, в то время как коэффициент использования азота из одного торфа был равен нулю. Опыты в Белорусском НИИ земледелия показали незначительное накопление минеральных форм азота за счет азота торфа — 4—6 кг на 30 т компоста [18].

Благодаря высокой поглотительной способности торфа в торфонавозном компосте уменьшаются потери азота аммиака. Имеются данные, указывающие, что в торфонавозном компосте накапливается около 1 кг азота на 1 т компоста за счет азота фиксации [18]. Качество торфонавозных компостов улучшается при добавлении к ним минеральных удобрений. Так, добавление калийных удобрений уменьшает потери азота [35].

Компостирование торфа с фосфоритной мукой увеличивает подвижность фосфора. Добавление извести к торфу уменьшает кислотность компоста, однако не способствует разложению фосфатов кальция [9]. Поэтому нельзя компостировать торф с фосфорными удобрениями при содержании в нем окислов железа свыше 6%.

Широкое применение имеют способы утилизации фекальных отходов путем приготовления торфофекальных

компостов. Компостирование фекалия с торфом дает возможность сохранить азот. Однако этот вид компоста должен пройти определенную стадию обеззараживания.

При компостировании органических удобрений наблюдаются потери органического вещества и азота. По данным советских и зарубежных ученых, потери органического вещества и азота возрастают с повышением температуры и длительности компостирования материалов и могут достигать 40% [18, 19, 36].

Торфонавозные смеси приготавливают на животноводческих фермах, выгульных дворах и в полевых условиях. Известны способы приготовления торфонавозных смесей в зимнее время. Для этого торф и навоз вывозятся в отдельные складочные единицы. Навоз складывается в обычные штабеля, а торф — в меньшие по размерам кучи. Весной торф и навоз равномерно распределяются и запахиваются в почву. Известны и другие приемы приготовления смесей с применением бульдозеров, дисковых борон и другой сельскохозяйственной техники.

Технология приготовления торфоминеральных смесей в основном аналогична торфонавозным. Отличия заключаются в применяемых материалах и их количественном расходе. В отдельных случаях торфоминеральные смеси приготавливаются посредством посева по слою торфа минеральных туков с последующим перемешиванием компонентов бульдозером.

В связи с расширением строительства животноводческих комплексов и переходом на бесподстилочное содержание животных в последние годы около животноводческих ферм в большом количестве накапливается жидкий и полужидкий навоз. В целях улучшения его физических свойств, позволяющих транспортирование и внесение в почву обычно применяемой для этого техникой, такой навоз смешивают с торфокрошкой. Технология этих процессов на практике самая разнообразная, определяемая способами удаления экскрементов из помещения, устройством емкостей для сбора и их хранения и другими факторами местных условий. Смеси готовят как на месте скопления навоза, так и на полевых участках в виде компостов. Для этого применяются бульдозеры, жиже-разбрасыватели, погрузчики и другая техника. Торфо-жижевые смеси содержат большое количество азота и

калия в легкодоступной для питания растений форме. Однако при их хранении имеют место процессы нитрификации с последующей денитрификацией и потерей азота.

В ЦНИИМЭСХ была предложена технология раздельного внесения торфа и жидкого навоза в почву [19]. Установлено, что в сравнении с известными технологическими процессами приготовления смесей, компостов, навоза и других видов торфяных удобрений, для которых характерно обязательное смешивание компонентов, связанное с выполнением многочисленных технологических операций (до 35), при раздельном внесении торфокрошки и навозной жижи на поля и совместной их заделке в почву затраты труда и материальных средств сокращаются в 2—3 раза. Эта технология позволяет механизировать все процессы использования жидкого навоза и торфа.

Торфяной навоз. Благодаря высокой влагоемкости и поглотительной способности торфа он широко применяется в качестве подстилки животным, где подвергается химическому воздействию экскрементов животных, активизирующих его органическое вещество.

Способы использования торфа в качестве подстилочного материала и накопление торфяного навоза также весьма различны. Их отличие обуславливается качеством торфа, видом животных и устройством животноводческих помещений. Качественная подстилка приготавливается из малоразложившегося преимущественно мохового торфа со степенью разложения до 15% и зольностью не выше 10% высушенного до влажности 50%. Этот вид торфяной продукции правильно называть подстилочным торфом. При использовании в качестве подстилки низинного торфа, имеющего степень разложения 20% и выше, а влажность до 50%, для устранения загрязнения животных к нему должна добавляться солома. Такая торфяная продукция называется торфом на подстилку.

В настоящее время ввиду недостаточного производства и высокой себестоимости качественного подстилочного торфа в практике широко применяется так называемый нестандартный торф на подстилку, представляющий собой чаще всего тот же торф, который используется для приготовления компостов и смесей. В целях повышения водопоглотительной способности торфа с повышенной

степенью разложения (20% и выше), как показывают исследования Института торфа АН БССР, он должен заготавливаться с влажностью 50—55%.

Способы применения торфа в качестве подстилочного материала и приготовления торфяного навоза отличаются по объему одновременного внесения и периодичности удаления навоза из стойла животного. Имеют место приемы закладки торфокрошки слоями большой мощности — 20—25 см и более. В этих случаях увлажненный верхний слой торфокрошки в виде навоза ежедневно убирается из помещения. В стойлах с твердым покрытием полов торфокрошка вносится из расчета ежедневной смены. В некоторых случаях торфокрошка до определенного периода вперемешку с соломой ежедневно вносится в стойло, накапливая под животным слой навоза.

В связи с переводом животноводства на индустриальную основу, строительством животноводческих комплексов все больше входит в практику хозяйств содержание крупного рогатого скота на глубокой подстилке в помещении. В этом случае имеются все возможности для механизации всех трудоемких процессов, связанных с технологией приготовления высококачественных органических удобрений, так как конструкция помещений позволяет завозить подстилочный материал, разравнивать его с помощью бульдозера и им же убирать из помещения на специально оборудованную площадку. К сожалению, из-за ограниченности таких помещений эта технология приготовления органических удобрений пока широкого применения не получила.

Торфоминерально-аммиачные удобрения, гексаторф и др. В 70-х годах во ВНИИПТ начаты работы по созданию торфяных удобрений с использованием промышленной технологии. Уже к 1968 г. на предприятиях Министерства топливной промышленности РСФСР было организовано приготовление торфоминерально-аммиачных удобрений (ТМАУ) в объеме около 5 млн. т в год. Процесс приготовления ТМАУ осуществляют внесением на 1 т торфа, имеющего влажность 50—55%, 4—6 кг, а при производстве концентрированных видов — до 20 кг действующего вещества азотных, фосфорных и калийных удобрений с последующим перемешиванием. В качестве источника азотного питания растений используется аммиачная вода, которая в результате щелочного гидролиза активизи-

рует органическое вещество торфа с образованием водорастворимых гуматов аммония [20].

В настоящее время во ВНИИТГ проводятся работы по использованию безводного (жидкого) аммиака. Его преимущества по сравнению с водным аммиаком несомненны: в 4 раза большее по сравнению с аммиачной водой содержание азота, меньшая на 22% стоимость единицы азота и более низкие транспортные расходы.

ТМАУ в полевых условиях приготавливаются в основном по трем технологическим схемам, отличающимся способом внесения в торф минеральных компонентов и используемым оборудованием. По первой схеме на торфяную залежь вносятся и заделываются тяжелыми дисковыми боронами минеральные фосфорные и калийные удобрения на глубину обработки торфа дисками. Заготовка удобрений после укатки залежи проводится по схеме добычи фрезерного торфа. Аммиачная вода вносится в навалы контейнерами АКУ-2. Удобрения пригодны к употреблению спустя не менее 1,5 месяцев компостирования в оформленных из навалов штабелях.

Вторая схема приготовления ТМАУ предусматривает использование дозировочно-смесительных станций (ДСС-2) и заранее заготовленного торфа. Грейферным погрузчиком торф загружается в один из трех бункеров, откуда подается в смеситель. В требуемых соотношениях поступают также минеральные компоненты и аммиачная вода. После тщательного перемешивания готовые удобрения выдающим конвейером подаются в специальный штабель. По данной схеме получают более однородные по составу удобрения по сравнению с первым способом.

Третья схема производства ТМАУ отличается от первой внесением фосфорных и калийных удобрений на поверхность торфяной залежи в каждом цикле уборки торфа перед фрезерованием залежи, которое осуществляется на глубину 15—16 мм. Затем проводятся двукратное ворошение сфрезерованного слоя, валкование и уборка торфоминеральной смеси с влажностью 50—55%. Аммиак вводится в навалы убранной смеси, после чего она оставляется на компостирование. Продолжительность технологического цикла составляет два дня.

Недостатком технологических схем полевого приготовления ТМАУ, и особенно первой, является то, что фосфорные и калийные удобрения необходимо вносить в

залежь, а это вызывает затруднение в обеспечении требуемого их дозирования и регулирования глубины заделки в торфяную залежь. Кроме того, существует опасность вымывания минеральных питательных веществ из залежи и навалов при выпадении осадков.

В то же время следует иметь в виду, что при выдерживании более 1,5 месяца проаммонизированного торфа в условиях, благоприятствующих процессам компостирования, как показывают исследования БелНИИ земледелия, Института торфа АН БССР и др. [16], подвижность органических веществ и азота снижается. Бурное развитие микроорганизмов в этот период, стимулируемое введением в торф минерального азота, по мере выдерживания компоста приводит к накоплению нитратов с последующей активизацией процессов денитрификации, что вызывает потери азота ТМАУ и повышение кислотности среды.

Исследования, проводимые на Назиевском опытно-промышленном заводе [22], показали возможность получения высококонцентрированных торфо-минерально-аммиачных удобрений хорошего качества заводским способом (ТМАУЗ). К особенностям заводского приготовления ТМАУЗ следует отнести: а) возможность использования газообразного аммиака; б) повышенную концентрацию азота аммиака и минеральных питательных веществ; в) стационарные условия изготовления удобрений и более широкую возможность использования различных технологических факторов для получения удобрений повышенного качества.

На качество удобрений в значительной мере влияют свойства торфа. Наиболее пригодны торфа с высокой степенью разложения и низкой зольностью, обеспечивающие высокое содержание растворимых гумусовых веществ и хорошую сыпучесть. В соответствии с техническими условиями степень разложения торфа должна быть не менее 20%, зольность — не выше 30%, содержание кальция и железа не должно превышать 5% [23]. Хранятся ТМАУ в штабелях объемом более 50—100 т в течение не менее 1,5—2 месяцев.

Значительные потери (до 10%) аммиачного азота обнаруживаются при хранении ТМАУЗ в течение 5 месяцев в полиэтиленовых мешочках. При хранении в бумажных 2—4-слойных мешках они возрастают.

Потери азота в период компостирования снижаются при введении в торфоминеральные смеси хлористых калийных удобрений, подавляющих в значительной мере процессы нитрификации. Они могут быть также снижены за счет введения в удобрение суперфосфата, обеспечивающего образование доступных для растений соединений в виде сульфатов и фосфатов аммония.

ТМАУ различных видов дают значительные прибавки урожая сельскохозяйственных культур. Однако широкое их внедрение в практику сельского хозяйства часто сдерживается низким (до 3—10%) содержанием питательных веществ и высокой (до 55%) влажностью при малой насыпной массе.

Ряд исследований показал перспективность производства органоминеральных удобрений в гранулированном виде, обладающих рядом преимуществ по сравнению с порошковидными. Внесение таких удобрений в почву улучшает динамику микробиологических процессов вокруг и в самих гранулах, что создает благоприятные условия для взаимодействия удобрений, почвы и растений и, как следствие, обеспечивает более высокий урожай возделываемых культур [24, 26, 27].

В 60-х годах в Институте химии древесины АН ЛатвССР и Латвийской сельскохозяйственной академии были получены органоминеральные гранулированные удобрения с использованием в качестве связующего сапропеля [29]. В Томском политехническом институте начали проводиться исследования по разработке технологии получения торфоминеральных гранулированных удобрений [30].

Гранулирование удобрений, в том числе комплексных, обеспечивает улучшение их физических и агрохимических свойств — они сохраняют сыпучесть, меньше слеживаются или совсем не слеживаются при хранении, не пылят что в значительной мере снижает опасность их вредного воздействия на здоровье обслуживающего персонала, легко рассеиваются с помощью имеющейся туковысевающей техники. Питательные вещества гранулированных удобрений с большей эффективностью используются растениями, так как медленнее поступают в почвенный раствор и в меньшей степени деградируют в почве вследствие небольшой поверхности контакта с нею. Внесение удобрений в гранулированном виде обеспечивает очаго-

вое размещение их в почве. Благодаря этому не только уменьшается поглощение питательных веществ почвой, но и улучшается процесс поступления их в растения [31, 32]. Приготовление торфоминеральных гранулированных удобрений позволит более экономно и с большим эффектом использовать такое ценное природное органическое соединение, как торф.

Создание нового вида гранулированного концентрированного торфоминерального удобрения — гексаторфа было начато в Калининском политехническом институте [33]. Данное удобрение получило название двух основных компонентов — гексаметилентетрамина (ГМТА) и торфа.

Высокая биологическая активность этого удобрения определяется водорастворимыми гуматами ГМТА, количество которых в значительной мере зависит от содержания в композиции ионов двухвалентных металлов. Например, при взаимодействии гуматов ГМТА с двойным суперфосфатом образуются нерастворимые гуматы кальция. Поэтому перед создателями нового удобрения стояла задача выявления оптимальных соотношений питательных веществ. Было показано, что количество водорастворимых гуматов в удобрении резко снижается при увеличении содержания P_2O_5 выше 12%. В качестве оптимального уровня было принято содержание питательных веществ, равное 6% каждого компонента, при соотношении NPK 1:1:1. При этом используется торф влажностью 45—50%.

Технология получения гексаторфа состоит из следующих операций: подготовки сырья, дозации и смешивания компонентов, грануляции смеси, сушки гранул и складирования или упаковки готовой продукции. В качестве сырья используют фрезерный торф, аммиачную воду, формалин, двойной суперфосфат, серноокислый или хлористый калий.

На емельяновском торфопредприятии производственного объединения «Калининторф» осуществлено строительство экспериментального цеха по производству гексаторфа с годовой производительностью до 3 тыс. т. Расчетная рентабельность производства гексаторфа к себестоимости составляет 18,2%, что в 5 раз выше этого показателя для ТМАУ. При затратах на строительство цеха 385 тыс. руб. расчетная годовая эффективность от

использования гексаторфа для производства мощностью 1500 т удобрений в год составит 408 тыс. руб.

Замена раствора ГМТА с максимальным содержанием азота 20% твердым кристаллическим уротропином позволит исключить ряд узлов и аппаратов для получения раствора ГМТА и расширить до 70% дианазон оптимальной влажности используемого торфа. В соответствии с упрощенной технологией предусматривается первоначальное смешение влажного фрезерного торфа с уротропином, а затем с минеральными компонентами.

Технологическая схема приготовления нового вида торфоминерального удобрения — гексаторфа предусматривает полную механизацию всех технологических процессов с использованием стандартного отечественного оборудования. Однако, несмотря на преимущества по сравнению с существующими технологическими схемами (например ТМАУ, ТМАУЗ), она имеет ряд существенных недостатков. Главный из них — использование дорогого и дефицитного компонента — уротропина.

В 1976 г. был предложен способ получения гранулированного удобрения на основе подсушенного торфа [34], включающий смешивание торфа и удобрений, гранулирование смеси и охлаждение гранул. Основным отличием этого способа от известных является предварительная сушка торфа до содержания влаги 15—40%.

Следует отметить, что экономия затрат энергии на сушку при данном способе получения комплексного гранулированного удобрения невелика и равна количеству энергии, необходимой для нагрева минеральных компонентов до температуры сушки. Эта экономия энергии на подготовительной стадии связана с более значительными дополнительными затратами на гранулирование полученной после подсушки торфа смеси компонентов в кольцевом прессе, в 2—2,5 раза превышающими энергоемкость гранулирования влажных пластичных материалов в экструдерах. В принципе процесс грануляции такой жесткой смеси по величине противодавления в матрице и энергозатратам весьма близок к прессованию.

Более того, вследствие глубокой (до влажности 15—40%) сушки торфа его коллоидные фракции необратимо коагулируют, в результате чего резко снижается количество водорастворимых, доступных растениям гуминовых веществ, и, следовательно, соответствующим обра-

зом снижается питательная ценность удобрения в целом. До минимума сводятся процессы взаимодействия торфа с минеральными удобрениями и аммиаком. В результате гранулы представляют собой спрессованную механическую смесь компонентов. Прочность гранул (до 3—4 МПа) и устойчивость к воздействию влаги невелики, что затрудняет их длительное хранение и не допускает многократных перегрузок.

Предлагались технические решения использования торфа в качестве кондиционирующей добавки и ионообменника, позволяющие получать гранулированные удобрения с повышенной устойчивостью к вымыванию питательных веществ методом окатывания. Однако общим недостатком многих из них являются низкая прочность и плотность гранул, а следовательно, сравнительно невысокая устойчивость питательных элементов к воздействию влаги.

Для расширения сырьевой базы в качестве органического связующего в ряде случаев предлагается использовать бурые угли, осадок сточных вод, гидролизный лигнин и другие природные органические соединения, продукты их переработки и отходы промышленности.

Работы по производству органоминеральных удобрений проводятся также и за рубежом. Для улучшения свойств и увеличения действия минеральные удобрения рекомендуются перед гранулированием смешивать, например, с сухим волокнистым органическим материалом (не менее 10%) и некоторым количеством связующего [38]. В качестве органического вещества используют опилки или сфагновый мох. Смесь под давлением нагревается и затем затвердевает. Для замедления процесса выноса питательных веществ затвердевшая смесь помещается в дырчатые капсулы. Во многих зарубежных странах на основе торфа производится широкий ассортимент органоминеральных удобрений: во Франции — гумат-рекс с содержанием 30% водорастворимых гуминовых кислот при соотношении NPK 4:6:10, в Венгрии — биогум, Чехословакии — витагум, Австрии — фольгумон, ФРГ — гуминал [37].

Английской фирмой «Fisons Ltd (Fisons House)» запатентованы гранулированные удобрения с использованием торфа. Сушка гранул осуществляется до содержания влаги менее 5 мас. %.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА НА УДОБРЕНИЕ

Применяемые в настоящее время приемы и способы приготовления различных видов компостов и смесей с использованием торфа основаны главным образом на биохимических процессах активизации органического вещества. В благоприятных температурных условиях (не менее 25—30 °С) и аэрируемости массы в результате жизнедеятельности микроорганизмов соединения и элементы некоторой части органического вещества переводятся в формы, доступные для растений и активно взаимодействующие с почвой. При этом значительный процент (15—20% и более) органического вещества как продукта минерализации безвозвратно теряется.

Данные Института торфа АН БССР показывают, что повышение эффективности использования торфа как органического удобрения или основы для приготовления органоминеральных удобрений и биологически активных препаратов определяется главным образом физико-химической активизацией гуминовых веществ и, в частности, его аммонизацией.

3.1. АММОНИЗАЦИЯ ТОРФА

Торф является активным природным ионообменным материалом с высокой емкостью поглощения. Исследования ионообменных равновесий в торфе и содержания в нем катионов выполнялись многими учеными [39—42]. Однако сравнительно мало работ, в которых рассматривается общая поглотительная способность и почти нет исследований по ее дифференциации на отдельные составляющие. Общая поглотительная способность торфа по отношению к ионам аммония подразделяется на полную (потенциально возможную) и эффективную (актуальную). Полная поглотительная способность Q_n состоит

из физико-химического или обменного q_0 , химического q_x , физического q_{ϕ} , механического q_m и биологического q_b поглощения. Величина Q_{Π} характеризует потенциально возможную поглотительную способность торфа [16].

Практический интерес представляет эффективная поглотительная способность торфа $Q_{\text{эф}}$. Она характеризует способность торфа поглощать и удерживать максимально возможное количество азота аммиака. Так как сразу после обработки торфа аммиаком фактор биологического поглощения отсутствует, то эффективная емкость поглощения

$$Q_{\text{эф}} = q_0 + q_x + q_{\phi} + q_m \quad (1)$$

Равенство (1) справедливо для торфа, находящегося в H^+ -форме. В природе такой торф практически не встречается, поэтому определение эффективной емкости поглощения осуществляется в условиях полного насыщения торфа газообразным или водным раствором аммиака при нормальном давлении ($P_0 = 760$ мм рт. ст.), температуре ($t = 20^\circ\text{C}$) и влажности торфа ($\omega = 50 - 60\%$). Контроль проводят по приросту содержания общего азота $Q_{\text{эф}} = \Delta C_{N_{\text{общ}}}$

Так как прирост азота аммиака определяется по разности содержания общего азота до $C_{N_{\text{общ}}}$ и после C_{N_1} аммонизации торфа, то

$$Q_{\text{эф}} = C_{N_1} - C_{N_{\text{общ}}} \quad (2)$$

Эффективная поглотительная способность торфа меньше полной потенциально возможной емкости поглощения. Часто она также меньше обменного поглощения, особенно для видов торфа, имеющих повышенные зольность и степень насыщенности основаниями.

В зависимости от природы и свойств торфа эффективная поглотительная способность различных типов, групп и видов торфа неодинакова (табл. 8). При ее увеличении генетические виды располагаются в следующей последовательности: низинные < переходные < верховые. Из низинных наибольшей эффективной поглотительной способностью отличаются шейхцериевый — 1,9—2,0% и виды торфа моховой группы — 1,5—1,6%, наименьшей — торф древесной группы — 0,9—1,0%. В переходных видах максимальная емкость поглощения также свойственна образцам торфа моховой группы — 2,1—2,2%, минимальная — древесной — 1,4—1,5%.

**Эффективная поглотительная способность (средние данные)
различных групп и видов торфа по азоту аммиака
(% на сухую массу)**

Группа, вид торфа	Поглощено азота аммиака	Группа, вид торфа	Поглощено азота аммиака
<i>Низинный тип</i>		<i>Переходный тип</i>	
Древесная	0,92	Древесная	1,47
Древесно-травяная	1,16	Древесно-травяная	1,97
Древесно-моховая	1,24	Травяная	1,60
Травяная	1,36	Моховая	2,17
тростниковый	1,16	Среднее по типу	1,87
осоковый	1,50	<i>Верховой тип</i>	
шейхцериевый	1,95	Древесная	2,29
вахтовый	1,32	Древесно-травяная	2,82
Травяно-моховая	1,40	Древесно-моховая	2,63
Моховая	1,59	Травяная	2,59
Среднее по типу	1,28	Травяно-моховая	1,92
		Моховая	2,43
		Среднее по типу	2,44

В верховом торфе максимальная поглотительная способность характерна для древесно-травяной и травяной групп — 2,8—2,9%, минимальная — для травяно-моховой — 1,8—1,9%. Установлено, что эффективная поглотительная способность находится в обратной связи с зольностью.

Обменная емкость поглощения определяется в основном химической природой торфа и прежде всего содержанием кислых функциональных групп. Она зависит от степени разложения, содержания гуминовых и уроновых кислот, аминокислот и других органических соединений. Наибольшее количество ионов аммония (до 65—85% от общей емкости поглощения) закрепляется в торфе в результате ионообменных реакций. У видов торфа низинного типа обменная емкость, как правило, выше эффективной, у верховых, наоборот, она имеет меньшее значение.

Химическое поглощение аммиака протекает со структурными превращениями органических соединений торфа (карбониламинная конденсация, аминирование и др.), в результате которых азот аммиака закрепляется в малоподвижных формах. Содержание химически за-

крепленного азота аммиака в аммонизированном торфе колеблется в пределах 10—30% от общей емкости поглощения. По мере изменения среды торфа от евтрофного к олиготрофному типу количество химически закрепляемого азота аммиака возрастает.

Физическое, механическое и биологическое поглощение аммиака торфом при нормальных условиях аммонизации составляет незначительную величину. Однако в определенных условиях они могут иметь существенное значение, например, при высокой дисперсности торфа сорбционное поглощение аммиака резко возрастает.

Отдельные группы органических соединений торфа, содержащие различное количество функциональных групп, обладают неодинаковой поглотительной способностью. Исследования показывают (табл. 9), что максимальной емкостью поглощения по отношению к ионам аммония обладают гуминовые вещества — свыше 70% от общей емкости поглощения торфа.

Из общего количества поглощаемого азота аммиака 75—80% закрепляется гуминовыми веществами в обменной форме. Емкость поглощения гуминовых веществ в 1,7—2,0 раза превышает этот показатель для исходного торфа.

Легкогидролизуемые вещества в 5—6 раз меньше поглощают азота аммиака, чем гуминовые. При этом 45—50% поглощенного азота связывается ими в мало-

Таблица 9

Поглотительная способность отдельных групп химических соединений низинного торфа

Компоненты торфа	Процент поглощенного азота аммиака к емкости поглощения исходного торфа		
	всеми формами $Q_{эф}$	в том числе	
		в аммиачной форме	химически связанного
Битумы	0,8	0,8	0,0
Водорастворимые	6,5	5,8	0,7
Легкогидролизуемые	12,0	6,7	5,3
Гуминовые	71,6	55,0	16,6
Трудногидролизуемые с негидролизуемыми	9,1	8,0	1,1
Всего	100	76,3	23,7

подвижной форме. По сравнению с исходным торфом поглощательная способность этих веществ в 2,5 раза ниже. Трудногидролизуемые и негидролизуемые вещества обладают поглощательной способностью, примерно равной исходному торфу, а битумы — минимальной поглощательной способностью.

Результаты исследований показывают, что на поглощательные свойства торфа значительное влияние оказы-

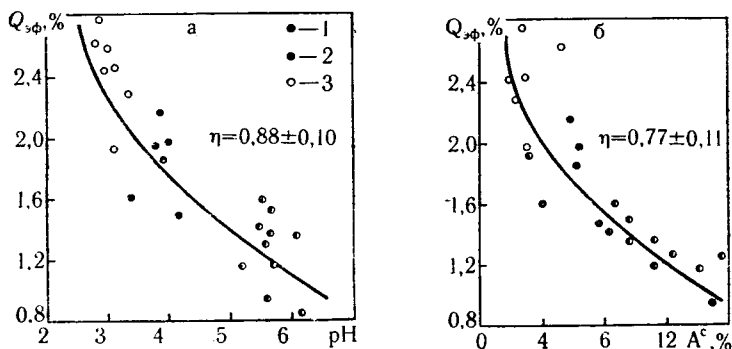


Рис. 2. Зависимость емкости эффективной поглощательной способности от зольности (а) и обменной кислотности торфа (б): 1 — низинный; 2 — переходный; 3 — верховой торф

вает реакция среды. С увеличением значения рН количество поглощенных катионов возрастает. По данным С. С. Драгунова и др. [44], изменяется ионообменная активность функциональных групп. В интервале более низких значений рН в ионообмене участвуют ионы водорода карбоксильных групп. С повышением щелочности среды активизируются и начинают вступать в обмен ионы водорода гидроксильных групп, повышая общую емкость поглощения торфа.

Установлено, что рН самого поглотителя, в частности торфа, влияет на его поглощательную способность. Однако иная обусловленность рН в данном случае приводит к противоположному направлению процесса ионообмена. Чем выше кислотность торфа при постоянной рН среды, тем большее количество ионов аммония им поглощается (рис. 2, а). Аналогичное воздействие на емкость эффективного поглощения торфа оказывает его зольность (рис. 2, б).

На процессы взаимодействия аммиака с торфом влияют водные и физические свойства торфа и аммиака. Исследования показывают, что с повышением влажности торфа скорость поглощения азота аммиака в единицу времени увеличивается. Так, образцы торфа с влажностью 70% в 1,7—1,8 раза больше поглощают аммиака, чем тот же торф 40%-ной влажности. Подсушивание торфа приводит к частичным потерям аммиака, которые

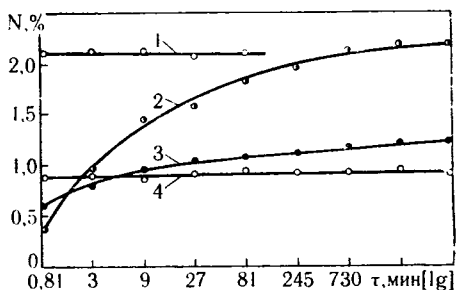


Рис. 3. Влияние способа и времени обработки торфа на процесс поглощения азота аммиака: 1 — верхового, обработанного водным раствором аммиака; 2 — верхового, обработанного газообразным аммиаком; 3 — низинного, обработанного газообразным аммиаком; 4 — низинного, обработанного водным раствором аммиака

находятся в прямой связи со степенью аммонизации торфа свыше его эффективной поглотительной способности.

Процесс поглощения аммиака зависит от продолжительности и способа обработки торфа. При аммонизации газообразным аммиаком количество поглощенного азота возрастает с увеличением времени взаимодействия с материалом, при обработке торфа гидроокисью аммония максимальное поглощение достигается в первые минуты процесса (рис. 3).

В результате этих исследований установлены важнейшие характеристики торфа, определяющие максимальную емкость эффективного поглощения аммиака при оптимальных условиях аммонизации: влажность — 50—60%, зольность — в пределах конституционной, рН (KCl) верхового и переходного типа торфа — до 3—3,5, низинного — до 4,5—5,0, размер частиц — 0,5—2,5 мм.

На емкость эффективной поглотительной способности торфа большое влияние оказывает температура процес-

са аммонизации. Увеличение температуры до 120—140 °С при нормальном давлении повышает количество поглощенного азота аммиака. С повышением температуры и давления в процессе аммонизации торфа количество поглощаемого азота также возрастает, при этом в основном в необменной форме.

В процессе аммонизации торфа изменяются его свойства. Как отмечалось выше, это прежде всего относится к образованию водорастворимых веществ.

Исследования показывают, что образование водорастворимых веществ, преимущественно гуматов аммония, зависит

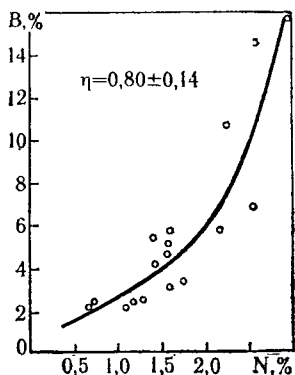


Рис. 4. Влияние количества поглощенного торфом азота (N) аммиака на содержание водорастворимых веществ (В)

от природы торфа. Их количество возрастает с увеличением эффективной поглотительной способности торфа (рис. 4). Корреляционная связь характеризуется показателем 0,8. Больше образуется водорастворимых веществ при аммонизации пушицевых и сосново-пушицевых видов торфа верхового типа, а из низинных—древесно-тростниковых и тростниковых. На их образование оказывают влияние химическая природа органического вещества торфа и физические факторы среды взаимодействия реагентов. Так, гуминовые вещества торфа в 5—6 раз больше образуют водорастворимых соединений, чем легкогидролизуемые углеводы. Увеличение температуры аммонизации до 100—120 °С и влажности торфа до 50—60% также повышает образование водорастворимых веществ.

Установлено [9], что при аммонизации торфа в результате гидролитических реакций в щелочной среде повышается подвижность азота органических соединений до легкогидролизуемой, доступной растениям формы, т. е. имеет место фактор мобилизации азота торфа.

Если сумма подвижного и доступного азота будет меньше количества поглощенного, то в результате аммонизации в торфе накапливается неподвижный или химически закрепленный и на первых порах недоступный для растения азот аммиака.

Различные виды торфа по способности мобилизации азота отличаются друг от друга. Исследования показывают (табл. 10), что низинные виды торфа переводят в легкогидролизуемую форму в среднем до 13% азота органических соединений. Наибольшую мобилизующую способность проявляют виды торфа древесной, древесно-моховой и древесно-травяной групп (9—16%), а из травяной — тростниковый торф (14%). У видов торфа переходного типа (за исключением моховой группы) также имеет место мобилизация азота органических соединений — в среднем до 5%. У видов торфа верхового типа, особенно моховой группы, содержащих большое количество углеводов, в результате карбониламинной конден-

Таблица 10

Мобилизация азота органических соединений и химическое закрепление азота аммиака при аммонизации торфа, % от общего содержания азота

Вид торфа, группа	Мобилизовано	Химически закреплено	Пределы колебаний
	среднее значение		
Низинный тип	12,9	—	0,0—23,2
В том числе:			
древесная группа	16,0	—	7,0—22,5
травяная группа	9,1	—	0,0—23,2
тростниковый вид	14,0	—	6,0—21,1
осоковый вид	5,8	—	2,4—23,2
Переходный тип	3,6	—	0,6—15,9
В том числе:			
древесная группа	4,7	—	0,9—7,3
травяная группа	8,5	—	2,6—15,9
моховая группа	—	1,4	0,0—9,2
Верховой тип	—	13,0	11,4—35,9
В том числе:			
древесная группа	—	2,7	0,0—11,7
травяная группа	—	15,3	2,2—35,9
моховая группа	—	17,3	4,8—26,8
магелланикум-торф	—	20,9	7,7—30,5

сации процесс мобилизации азота перекрывается образованием большого количества малоподвижных форм поглощаемого азота аммиака, достигающего в среднем 13%.

В образовании гуматов аммония низинного торфа основную роль играют гиматомелановые кислоты (до 80% гуматов образовано на их основе). При аммонизации верхового торфа в образовании водорастворимых веществ гуминовые кислоты и фульвокислоты принимают примерно равное участие.

В процессе аммонизации торфа в водный раствор с гуминовыми кислотами переходит некоторое количество аминокислот. В низинном торфе количество свободных аминокислот увеличивается в 4,0—4,5 раза и достигает 16—17% от общего их содержания. В верховом торфе их количество увеличивается в 2,0—2,5 раза, составляя более половины от их общего содержания в торфе.

Гуминовые кислоты торфа, подобно гумусу почвы, участвуют в регулировании и поддержании окислительно-восстановительных процессов в почве. В малых дозах они активизируют процессы корнеобразования, окислительно-восстановительные ферменты системы дыхания растения и другие процессы жизнедеятельности растительного организма, а также повышают проницаемость мембран [45, 46].

Проведенные исследования показывают, что отдельные компоненты органического вещества торфа неравноценны по физиологической активности (табл. 11).

Таблица 11

Физиологическая активность торфа и компонентов его разделения
(ячмень, сорт Московский 121, 16 сут после всходов)

Номер варианта	Вариант	Масса сухого вещества растения, г	Прибавка к контролю, %
1	Исходный торф +РК (контроль)	1,08	—
2	Легкогидролизуемые вещества +РК	0,94	—12,0
3	Гуминовые вещества +РК	1,39	28,7
4	Трудногидролизуемые с негидролизруемыми веществами +РК	0,80	—25,9
5	Полнокомпонентная среда Прянишникова (с НРК), эквивалентная по РК вариантам 1, 2, 3, 4	1,12	3,7
	НСР _{0,95}	0,09	

Максимальной активностью отличаются гуминовые вещества, повышающие на 25—30% прирост растительной массы по сравнению с исходным торфом. Физиологическая активность легкогидролизуемых и трудногидролизуемых с негидролизуемыми веществами ниже, чем у исходного торфа, соответственно на 10—12 и 24—27%.

Аммонизация торфа не только улучшает его агрономические свойства, но и оказывает положительное влияние на плодородие дерново-подзолистых почв, особенно легкого механического состава.

Исследования показывают, что при внесении аммонизированного торфа повышается влагоемкость дерново-подзолистой почвы. На суглинистых почвах она возрастает в большей степени, чем на супесчаных и песчаных. Внесение 20 т аммонизированного торфа повышает влагоемкость песчаной почвы на такую же величину, как внесение 60 т неаммонизированного торфа.

Аммиачная вода без торфа как соединение щелочной природы взаимодействует с гумусом почвы, образуя гуматы. Эти соединения в некоторой степени увеличивают водоудерживающую способность (1—3%). Однако действие гидроокиси аммония является нестабильным и в целом к положительному эффекту привести не может, так как способствует снижению запасов гумуса в почве (интенсификация биохимических процессов, повышение минерализации органических веществ, прямые потери от вымывания из пахотного горизонта).

О неблагоприятных последствиях длительного внесения аммиака в почву свидетельствуют данные различных работ. При этом считается, что общее содержание гумуса не будет снижаться, так как потери его полностью компенсируются мощным развитием корневой системы растений. Однако, по данным В. И. Матвеевой и др., за счет растительных остатков потери гумуса в почве могут быть восполнены только на 50—70% [52]. Поэтому вполне справедливы и обоснованы утверждения ряда авторов о том, что применение аммиака следует сочетать с внесением в почву извести и органических удобрений.

Наши исследования показывают, что предварительная аммонизация торфа или же непосредственная при внесении его в дерново-подзолистую почву в результате резкого снижения или почти полного исключения взаимодействия аммиака с гумусом предупреждает возмож-

Таблица 12

Средние (1974—1977 гг.) запасы влаги, гумуса, питательных веществ в пахотном горизонте дерново-подзолистой почвы и изменение ее агрохимических свойств после аммонизации

Вариант	т/га		кг/га				рН (КС1)	мг-экв/100 г		Степень насыщенности основани-ями, %
	Вода	Гумус	Азот		Фосфор подвиж-ный	Калий об-менный		Гидроли-тическая кислот-ность	Сумма обменных оснований	
			сумма амниач-ного и нитратного	легко-гидроли-зуемый						
Без удобрений	350,6	41,0	27,4	290,7	518,0	342,7	4,9	3,9	4,1	51,2
Торф, 60 т	373,4	56,4	37,3	450,3	495,9	339,2	4,9	4,2	5,2	55,3
Аммиачная вода (N150)	364,8	41,6	62,4	390,5	541,5	310,6	5,1	4,2	5,7	57,6
Торф 60 т+аммо-низация под вспашку (N 150)	410,4	58,7	82,6	487,4	612,8	407,6	5,3	3,7	7,0	65,4
НСР _{0,95}	13,1	11,4	22,8	77,6	47,3	33,5	0,19	0,42	0,76	

ность его потерь, улучшая водные и агрохимические показатели (табл. 12). Так, в пахотном горизонте 1 га дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной почв на протяжении 3—4 лет после аммонизации торфа содержание воды увеличивается в среднем на 60 т по сравнению с контрольной удобренной почвой, на 46 т — с почвой, в которую вносилось эквивалентное количество одной аммиачной воды, и на 37 т — с почвой после внесения одного торфа ($НСР_{0,95}=13$ т/га). Заметны различия сравниваемых вариантов по содержанию в почве запасов подвижных форм азота и особенно его легкогидролизуемой формы. Так, по варианту с аммонизацией торфа содержание азота почти на 100 кг больше, чем по варианту с одной аммиачной водой. Из этого количество примерно 40% образовалось в результате мобилизации азота самого торфа. Существенно увеличиваются также запасы подвижных форм фосфора и калия в почве с аммонизированным торфом.

Аммонизированный торф способствует повышению содержания оснований и соответственно улучшает степень насыщенности ими поглощающего комплекса почвы. В связи с этим изменяется реакция почвы в сторону некоторого снижения кислотности, что благоприятствует активизации биологических процессов и условий питания растений.

Таким образом, процесс аммонизации торфа наряду с активизацией его собственного органического вещества улучшает агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, не только выступает в роли защитного средства от интенсивного расхода гумуса, но и пополняет запасы его активных форм, что способствует повышению плодородия почвы и эффективности возделываемых сельскохозяйственных культур [47].

3.2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ТОРФОГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Принципиальной основой производства торфогуминовых удобрений является взаимодействие торфа влажностью 45—60% с аммиаком (водным или газообразным), в результате чего образуются биологически активные соединения — гуматы аммония. Этот процесс может быть осуществлен в стационарных условиях, а также при вспашке и культивации почвы.

В стационарных условиях заготовка удобрений производится преимущественно в осенне-зимний период с помощью приспособлений к разбрасывателям удобрений 1-ПТУ-3,5 и 2-ПТУ-4 [48]. Трактор, агрегирующий эти разбрасыватели, снабжается подкормщиком-опрыскивателем универсальным ПОУ. Разбрасыватель дооборудуется камерой обогащения торфа аммиаком, навешенной над разбрасывающими органами прицепа. Камера состоит из кожуха с установленными в верхней ее части штангами с распылителями. Количество распылителей и диаметр их выходных отверстий определяются производительностью разбрасывателя и заданной степенью аммонизации торфа.

Принцип работы устройств для аммонизации торфа заключается в следующем. В кузов прицепа-разбрасывателя загружается торфокрошка, которая планчатым транспортером разбрасывателя подается на разбрасывающий орган и далее в камеру обогащения, где она смешивается с распыленной аммиачной водой и выдается в виде аммонизированного торфа. Валок, образуемый сзади прицепа высотой до 1,5 м, оформляется затем окараваживающей машиной или бульдозером в более высокую складочную единицу. Производительность агрегата составляет 50—80 т/ч торфогуминовых удобрений.

Удобрения, приготавливаемые таким способом, могут заготавливаться как на торфоплощадках, так и на полевых участках после вывозки торфокрошки.

Нормы расхода аммиачной воды, а также фосфорных и калийных удобрений (в случае приготовления полнокомпонентных торфоминеральных смесей) в зависимости от потребности культур в органических удобрениях приведены в табл. 13. Ввиду неизбежных потерь при пе-

Таблица 13

Нормы расхода аммиачной воды и минеральных компонентов на 1 т торфа, кг

Компонент	Зерновые	Пропашные
Аммиачная вода	20	15
Фосфоритная мука или суперфосфат простой	20	16
Хлористый калий или калийная соль	8 или 12	8 или 12

Рабочее давление, регулирующее расход аммиачной воды при соответствующем положении камня кулисы, МПа

Культура	Положение камня кулисы			
	3	4	5	6
Зерновые	0,09	0,15	0,22	0,29
Пропашные	0,05	0,08	0,13	0,18

ревозках и хранении концентрация аммиачной воды может снижаться, поэтому каждую новую партию аммиачной воды необходимо проверять.

Установка заданного режима работы агрегатов осуществляется путем регулировки скорости подачи торфокрошки в камеру обогащения и нормы расхода аммиачной воды через распылители (табл. 14).

Расчетные параметры работы устройства проверяются замером массы приготовленных удобрений за период опорожнения полных баков ПОУ. При выявлении несоответствия фактического расхода компонентов с заданными производится корректировка установки режима работы. Приготовленные удобрения проверяются на влажность, зольность и содержание питательных веществ. Пробы для анализов отбирают не ранее чем через 3 сут после приготовления удобрений, но не позднее 2 месяцев. Качество удобрений, приготовленных в запас, должно соответствовать нормам, приведенным в табл. 15.

Важным моментом является своевременность заделки торфогуминовых удобрений в почву. Исследования показывают, что за 5—6 ч нахождения удобрений на

Таблица 15

Нормативные показатели торфогуминовых удобрений для зерновых и пропашных культур, %

Показатель	Зерновые	Пропашные
Влажность	До 62	До 62
Зольность	До 30	До 30
Общий азот	0,6	0,4
Фосфор подвижный	0,7	0,5
Калий обменный	0,9	0,9

воздухе может быть потеряно 10—15, а за 1 сут — до 25—30% внесенного в торф азота аммиака. Торфогуминовые удобрения вносятся, как правило, на предварительно прокультивированную или вспаханную почву, что обеспечивает их хорошую заделку луцильником или культиватором на глубину 8—12 см вслед за разбрасыванием. Эти удобрения пригодны для использования под все культуры.

При наличии в хозяйстве достаточного количества оборудования типа ПОУ аммонизацию торфа целесообразно сочетать с предпосевными работами при вспашке или культивации. При этом исключается ряд промежуточных операций по погрузке и складированию удобрений. До минимума сводятся потери азота аммиака, которые имеют место при аммонизации торфа в стационарных условиях [49].

Торф в зависимости от типа (низинного, верхового или переходного) должен отвечать следующим требованиям: содержание влаги не более 60%, зольность для верхового или переходного не выше 10%, а для низинного 25%. Степень разложения, определяющая содержание гуминовых веществ, должна быть не менее 20%, а кислотность солевой вытяжки для верхового и переходного торфа — не выше 5, для низинного — 6. Так как повышенное количество катионов многовалентных металлов оказывает отрицательное воздействие на рост и развитие растений, их содержание в торфе следует ограничивать. Так, например, содержание окиси железа в расчете на сухое вещество торфа не должно быть более 5%. Торф крошкообразный с преимущественным содержанием частиц размером 0,5—2,5 см, при этом комков, твердых включений (древесных, смерзшихся глыб и др.) размером свыше 2,5 см не более 10%.

Технология аммонизации торфа под вспашку и культивацию включает следующие операции: рассев торфокрошки по удобряемому участку, рассев минеральных (фосфорных и калийных) удобрений и вспашку или культивацию с одновременной обработкой торфа аммиачной водой в момент заделки удобрений в почву [50].

Дозы внесения в почву аммиачной воды и фосфорно-калийных минеральных компонентов определяются согласно планам применения минеральных удобрений,

имеющимся в хозяйствах для каждого поля и возделываемой культуры. Установленная норма (кг/га) по питательному веществу азота пересчитывается на дозу аммиачной воды ($N_{a.в}$, кг/га) по уравнению

$$N_{a.в} = \frac{n \cdot 100}{C \cdot 0,91 \cdot 0,9}, \quad (3)$$

где n — планируемая норма питательного вещества азота, кг/га; C — концентрация азота в аммиачной воде, %; 0,91 — плотность аммиачной воды при нормальном давлении и температуре 20 °С, кг/л; 0,9 — поправочный коэффициент на технологические потери азота.

Дозы внесения торфа определяются прежде всего плодородием почвы и потребностью культуры в органических удобрениях. Легкие почвы и пропашные культуры нуждаются в больших дозах торфа. Под озимые культуры дозы внесения аммиачной воды уменьшаются из расчета проведения весенней азотной подкормки в соответствии с имеющимися рекомендациями. В табл. 16 приведены пределы минимальных и оптимальных доз внесения торфа на 1 га посевов на дерново-подзолистых супесчаных почвах для зерновых и пропашных культур в зависимости от уровня планируемого урожая. Для песчаных почв (табл. 16) дозы использования торфа должны увеличиваться, а для суглинистых снижаться на 15—20%. Наличие в хозяйствах достаточных запасов торфа может позволить некоторое увеличение норм его применения.

Вспашка с одновременной аммонизацией торфокрошки выполняется плугами ПН-35, ПН-3-35, «Труженик» и др., которые оборудуются специальными устройствами

Таблица 16

Дозы внесения торфа в почву в зависимости от планируемого урожая

Урожай, ц/га		Торф, т/га	
зерновые	картофель	зерновые	картофель
20—30	140—200	12—22	25—35
30—35	200—250	15—25	28—40
35—40	250—300	18—28	32—45
40—45	300—350	20—32	36—50

(рис. 5, 6). Устройство предназначено для дозирования и обработки распыленным водным аммиаком поверхности оборачиваемого отвалом плуга пласта почвы с находящейся на ней торфокрошкой и минеральными удобрениями. Оно состоит из отдельных секций, которые самостоятельно крепятся к раме плуга. Секция представлена поддерживающим кронштейном, к которому крепится

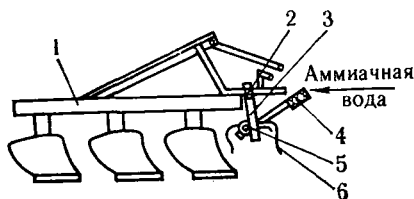


Рис. 5. Схема навески устройства для аммонизации торфа под вспашку (подача аммиачной воды самотеком): 1 — рама плуга типа ПН «Труженик»; 2 — хомут; 3 — кронштейн; 4 — шланг к емкости с аммиачной водой; 5 — штанга с штуцерами; 6 — защитный полотно

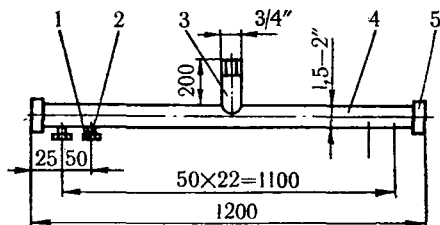


Рис. 6. Схема штанги с штуцерами: 1 — гайка-заглушка с отверстием; 2 — трубка; 3 — труба для подвода аммиачной воды; 4 — труба; 5 — муфта-заглушка

подводящая трубка с распылителем. Сверху на поддерживающем кронштейне находится защитное полотно, предупреждающее возможные потери аммиака в момент оборота пласта почвы [50]. Трактор оборудуется подкормщиком-опрыскивателем ПОУ.

Аммонизация торфа при вспашке осуществляется следующим образом. В начале загона включается насосная система машины ПОУ, с помощью которой аммиачная вода подается в штангу. Затем через соединенные с ней питательные трубки и распылители поток распыленной аммиачной воды направляется на поверхность опрокидываемого отвалом пласта почвы и ammo-

низирует находящуюся на нем торфокрошку. Приготавливаемые таким образом торфогуминовые удобрения заделываются в почву по всему сечению пахотного горизонта.

По установленному расходу аммиачной воды через один распылитель подбираются диаметр отверстия распылителя и рабочее давление в штанге (табл. 17).

Расчетные нормы расхода аммиачной воды в зависимости от скорости движения агрегата, диаметра отверстия распылителя и рабочего давления в штанге приведены в табл. 18. Фактическая норма расхода аммиачной воды определяется путем замера обработанной площади за одну заправку резервуаров. Если она больше или меньше заданной, с помощью регулятора расхода жидкости соответственно уменьшается или увеличивается рабочее давление.

Культивация с одновременной аммонизацией торфа осуществляется культиваторами КПН-4т или КПС-4,

Таблица 17

Расход аммиачной воды через один распылитель, л/ч

Диаметр отверстия распылителя, мм	Давление в штанге, МПа			
	1	2	3	4
1,5	2,46	3,50	4,30	5,00
2,0	3,60	5,10	6,20	7,00
3,0	6,00	8,45	10,40	11,50

Таблица 18

Норма расхода аммиачной воды в зависимости от скорости движения агрегата, л/га

Скорость агрегата, км/ч	Диаметр отверстия распылителя, мм	Давление в штанге, МПа			
		1	2	3	4
7	1,5	12,0	17,0	20,5	24,0
	2,0	17,0	24,0	29,5	33,0
	3,0	29,5	40,0	49,5	54,5
6	1,5	14,0	20,0	24,0	28,0
	2,0	20,0	28,5	35,0	39,0
	3,0	34,0	47,5	59,0	64,5
4,5	1,5	18,0	26,0	32,0	37,0
	2,0	26,5	38,0	46,0	52,0
	3,0	44,5	63,0	77,0	85,0

которые оборудуются соответствующими устройствами. Оно представляет собой навесную конструкцию в виде камеры обогащения, несущей штанги с кронштейнами, на штуцера которой навинчено 18 распылителей из комплекта ПОУ (рис. 7). Распылители прикрываются защитным кожухом, предназначенным для предотвращения потерь аммиака. Аммиак к несущей штанге под-

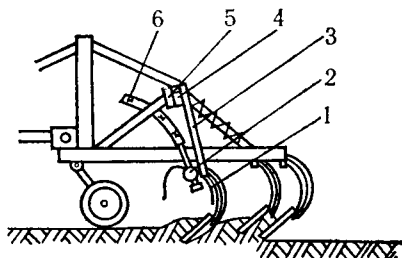


Рис. 7. Схема навески устройства для аммонизации торфа при культивации почвы (подача аммиачной воды самотеком): 1 — защитный полог; 2 — штанга с штуцерами; 3 — кронштейн; 4 — продольная балка рамы культиватора типа КРН-4т (КСП); 5 — хомут; 6 — шланг к емкости с аммиачной водой

водится через трубопровод. Штанга крепится к раме кронштейнами.

Работа культиватора с устройством, установка нормы расхода аммиачной воды и регулировка устройства проводятся аналогично соответствующим операциям при работе с устройством при вспашке. Торф и минеральные компоненты вносятся машинами и механизмами, предназначенными для этих целей в хозяйствах.

Определение потерь аммиака в результате испарения из почвы после прохода агрегатов методом его поглощения серной кислотой с последующим титрованием показало, что они незначительны и составляют за первые 4 ч около 55—60 мг/м², или 0,5—0,6 кг/га, т. е. менее 1% от вносимого количества. При отсутствии на поверхности почвы торфокрошки потери азота возрастают до 70 мг/м², или до 1,5%.

Определение содержания аммиака в почве показало сравнительно высокую однородность его внесения устройствами. Так, по истечении 4 ч после прохода агрегатов среднее квадратическое отклонение от среднего содержания по вертикальной оси пахотного горизонта

(в сечении, например, одного элемента плуга) составляет 30—40%, а по горизонтальной — только 20—30%. По мере увеличения времени после внесения аммиака в почву неоднородность его распределения снижается.

Таким образом, результаты испытания устройств показывают, что они обеспечивают однородную аммонизацию торфа без существенных потерь и отвечают агротехническим требованиям.

В связи с нехваткой в хозяйствах достаточного количества регулирующей напор и расход аммиачной воды аппаратуры из комплекта ПОУ рекомендуется навешивать на трактор или монтировать сзади него любую приспособленную для этого емкость и подавать аммиачную воду к штангам самотеком. Разработанные с этой целью устройства унифицированы для навески на плуги и культиваторы типа ПН-35, «Труженик» или КПН-4, КПС-4. Они состоят из штанги со штуцерами, навешиваемой на рамы с помощью хомутов и кронштейнов, защитного полога и шланга для подвода аммиачной воды от емкости к штанге. Основные элементы изготавливаются из имеющихся в хозяйстве газо-водопроводных труб.

Регулировка подачи воды осуществляется сменой распылителей, изготовленных из гаек М 10, в заглушенном торце которых сверлится отверстие нужного диаметра для выхода воды. Выбор необходимого распылителя проводится по табл. 19, 20.

Таблица 19

Расчетный расход аммиачной воды при навеске устройства на культиваторы

Высота штанги над почвой, м	Диаметр отверстия распылителя, мм	Расход на 1 распылитель	Общий расход на 51 распылитель	Норма внесения при скорости трактора 6 км/ч и ширине захвата 4 м, л/га
		л/ч		
0,5	2,0	6,0	306,0	127,5
	2,5	9,5	484,5	202,0
	3,0	19,0	969,0	404,0
1,0	2,0	12,0	612,0	255,0
	2,5	21,0	1071,0	461,0
	3,0	37,8	1928,0	803,0
1,5	2,0	15,0	765,0	319,0
	2,5	29,0	1479,0	616,0
	3,0	41,6	2122,0	884,0

Расчетный расход аммиачной воды при навеске
устройства на плуги

Высота штанги над почвой, м	Диаметр отверстия распылителя, мм	Расход на 1	Общий расход	Норма внесения при скорости трактора 6 км/ч и ширине захвата 1,1 м, л/га
		распылитель	на 23 распы- лителя	
		л/ч		
0,5	2,0	6,0	138,0	209,1
	2,5	9,5	213,5	331,1
	3,0	19,0	437,0	662,0
1,0	2,0	12,0	241,5	366,0
	2,5	21,0	483,0	731,8
	3,0	37,8	869,4	1317,0
1,5	2,0	15,0	345,0	523,0
	2,5	29,0	667,0	1010,6
	3,0	41,6	956,8	1449,7

Фактический расход аммиачной воды для каждого конкретного устройства необходимо уточнить при его испытании.

Приготовление торфогуминовых удобрений по способу аммонизации торфа в почве позволяет исключать промежуточные операции и до минимума сводить возможные потери аммиака. Открывается реальная перспектива значительного сокращения объема весенних полевых работ за счет рассева торфокрошки по участку в осенний и зимний периоды.

Как показывает опыт, этот прием способствует максимальному использованию зимних осадков для накопления запасов влаги в почве в весенний период за счет предупреждения раннего таяния снега под торфокрошкой и непродуктивного стока талых вод с полей по мерзлomu грунту, что еще больше повышает эффективность удобрений. Однако это не означает, что аммонизацию торфа не следует производить в осенне-зимний период в стационарных условиях. При наличии торфа, аммиачной воды, техники и обслуживающего персонала необходимо широко заготавливать торфогуминовые удобрения в стационаре в соответствии с рекомендациями [48]. Внимание специалистов сельского хозяйства при этом должно быть обращено на то, что при длительном (более 2 месяцев) выдерживании проаммонизированного торфа в условиях, благоприятствующих процессам компостирования, т. е. при разогреве торфа в штабеле выше 20 °С,

накапливаются нитраты, что неизбежно приводит к активизации процесса денитрификации органического вещества торфа и ухудшению качества удобрений вследствие потерь азота и повышения кислотности среды. Поэтому торфогуминовые удобрения после их приготовления не должны храниться в больших (более 50—60 т) складочных единицах.

3.3. АММОНИЗАЦИЯ ТОРФОНАВОЗНЫХ КОМПСТОВ

Данные обследования 15 хозяйств семи районов БССР показывают, что в большинстве случаев торфонавозные компосты, приготавливаемые в условиях пониженных температур зимнего периода, имеют низкое качество. Расход торфа по отношению к навозу достигает 2—3-кратного превышения. Температура массы, как правило, не поднимается выше 10—12 °С. В таких условиях не получают должного развития биохимические процессы и агрохимическая ценность торфа и компостов в целом не повышается. Так, если содержание водорастворимых веществ торфа, пропущенного через животноводческие помещения, повышается в 1,5—2 раза, то в торфонавозных компостах зимнего приготовления — всего на 25—40%. Поэтому очень часто компосты подобного качества вносят в почву в больших количествах — по 80—120 т/га с добавлением минеральных удобрений, не опасаясь угнетения растений от избытка питательных веществ. Вполне очевидно, что органическое вещество торфа в таких удобрениях остается недостаточно активизированным, что снижает общую эффективность торфонавозных компостов зимнего приготовления.

Исследования Института торфа АН БССР показывают, что в процессе компостирования торфа с навозом и навозной жижей в нормальных температурных условиях на протяжении 1—1,5 месяца степень насыщенности поглощающего комплекса торфа основаниями не достигает его полной емкости. Если принять полную поглотельную способность исходного торфа к ионам аммония за 100%, то в процессе полуторамесячного компостирования она замещается катионами всего на 36%. При этом количество водорастворимых веществ увеличивается примерно в 2 раза, что составляет лишь 35% от возможной степени активизации органического вещества

Влияние процессов компостирования торфонавозной смеси на емкость поглощения ионов аммония и образование водорастворимых веществ при ее аммонизации

Вариант опыта	рН (KCl)	Содержание азота		Водорастворимые вещества
		общего	аммиачного	
		% на сухое вещество		
Торф исходный	5,35	2,85	0,03	2,66
Торфонавозная смесь до компостирования	5,40	3,05	0,14	3,08
Торф исходный + 0,5% азота аммиака	6,50	3,48	0,46	4,01
Торф исходный + аммонизация до полного насыщения	7,20	4,60	1,27	6,74
Торфонавозный компост + 0,5 % азота аммиака	7,70	3,81	0,65	7,14
Торфонавозный компост + аммонизация до полного насыщения	7,90	4,41	1,23	7,97

исходного торфа при его аммонизации (табл. 21). В этом случае выявляется целесообразность проведения аммонизации компостируемого торфа как дополнительного приема для более полной мобилизации его агрономической ценности.

Как видно из табл. 21, дополнительная аммонизация торфонавозного компоста способствовала в значительной мере активизации органического вещества торфа. Увеличение содержания водорастворимых веществ в этом случае объясняется тем, что в результате жизнедеятельности аммонификаторов и других групп микроорганизмов в компостируемом торфе образуется некоторое количество аммиака и водорастворимых веществ. Поэтому наблюдается как бы наложение процессов аммонизации на уже в какой-то мере трансформированное органическое вещество торфа в результате биохимических процессов. Проаммонизированный торфонавозный компост в силу этого резко повышает свою эффективность, что подтверждается многолетними опытами.

Технология аммонизации торфонавозных компостов принципиально не отличается от аналогичных работ по аммонизации торфокрошки. Физико-механические свой-

ства торфонавозного компоста — степень наличия в нем волокнистой части навоза — диктует выбор способа заделки его в почву: под вспашку или культивацию. В связи с этим используется соответствующее оборудование для аммонизации компостов. Кроме того, доза расхода аммиачной воды для аммонизации компостов снижается примерно в 2 раза. Более правильным было бы аналитическое определение требуемой дозы аммонизации. Однако, руководствуясь практической целесообразностью и данными многочисленных анализов для торфонавозных компостов зимнего приготовления с отношением торфа к навозу более как 1:1, можно рекомендовать расход аммиачной воды на 1 га удобряемой площади под зерновые культуры 150—200 кг, под картофель и другие пропашные культуры — 200—300 кг.

Средние многолетние данные показывают, что эффективность торфонавозного компоста после его аммонизации возрастает по зерновым культурам на 3,5—4 ц/га, по картофелю — на 15—25 ц/га. Аммонизированный торфонавозный компост проявляет также и более высокое последствие. Прибавка урожая культур в зерновом звене севооборота на второй и третий годы составляет 2,9 ц, в пропашном — 2,5 ц зерновых единиц.

3.4. КОМПЛЕКСНЫЕ ГРАНУЛИРОВАННЫЕ УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТОРФА

В 11-й пятилетке сельскому хозяйству нашей страны должно быть поставлено 115 млн. т минеральных удобрений. Наряду с общим ростом производства и применения увеличивается выпуск комплексных (сложных) минеральных удобрений.

Потребность в комплексных удобрениях может быть удовлетворена тремя путями: 1) производством сложных удобрений с фиксированным содержанием питательных веществ в гранулах на крупных предприятиях; 2) производством сложносмешанных удобрений с необходимым содержанием и соотношением питательных веществ на предприятиях, приближенных к районам реализации продукции; 3) организацией производств тукосмеси на основе гранулированных компонентов непосредственно на складах агрохимцентров, в колхозах и совхозах.

В связи с увеличением объемов производств удобрений

ний, переходом на бестарную транспортировку и хранение насыпью возрастают требования к их качеству, особенно к физико-химическим и механическим свойствам.

Проблема повышения эффективности торфяных удобрений, применяемых в Белоруссии в больших объемах, весьма актуальна и требует неотложного решения. Создание технологии промышленного производства комплексных гранулированных удобрений (КГУ) с включением основных элементов питания растений позволит более рационально использовать торф, обеспечит возможность получения удобрений с заданным содержанием питательных веществ и создаст реальные предпосылки для дифференцированного их использования исходя из свойств и достигнутого уровня плодородия почв, планируемой урожайности сельскохозяйственных культур, снизит потери и повысит коэффициент использования минеральных удобрений.

Технология производства комплексных гранулированных удобрений на основе торфа

Комплексные гранулированные удобрения на основе торфа впервые были созданы в Институте торфа АН БССР (1966 г.). В настоящее время известны два принципа их производства: по технологии Института торфа АН БССР [51] и способу, предложенному Белорусским проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом топливной промышленности (БелНИИТОП-Проект) [34]. Обе технологические схемы включают следующие основные процессы: подготовку компонентов по гранулометрическому составу и влажности, их дозирование и смешивание, грануляцию торфоминеральной смеси, охлаждение и складирование гранулированных удобрений. Соответствующие технологические схемы приготовления КГУ отличаются способом грануляции и местом операции сушки в технологической цепи.

Принципиальным отличием способов является неодинаковая влажность используемого торфа. По технологии Института торфа АН БССР формирование гранул осуществляется методом экструзии через перфорированные решетки на грануляторах шнекового типа с использованием торфа влажностью 45—60%, затем произво-

дится сушка приготовленных гранул до оптимальной влажности — 8—12%.

В соответствии с технологией БелНИИТОППроекта гранулированные удобрения формируются в кольцевых прессах, что требует использования торфа, предварительно подсушенного до влажности 15—40%.

Операции по подготовке исходных компонентов аналогичны для двух технологических схем и заключаются в следующем. Минеральные азотные, фосфорные и калийные удобрения по мере поступления разгружаются из вагонов системой механизмов, обычно используемых на межрайонных складах удобрений или химических комбинатах, на складах минеральных удобрений подготовительного отделения. Отсюда они пневматическими насосами, системой конвейеров или мостовым краном подаются в расходные бункеры и далее на грохота с ячейками сита 2 мм. Для удаления металлических включений используются магнитные сепараторы. Фракции минеральных удобрений менее 2 мм подаются в бункеры дозаторов, крупные фракции туков (более 2 мм) направляются сначала в дробилку, а затем на повторное грохочение. Линия подготовки аналогична для всех трех видов минеральных компонентов — азотных, фосфорных и калийных. Она может быть использована и для подготовки торфа по технологической схеме Института торфа АН БССР с той разницей, что размер ячеек на грохоте должен составлять 8 мм.

Дозирование малосыпучих, сводообразующих компонентов, к которым относятся влажный торф и хлористый калий, трудноосуществимо с большой точностью на существующих типах дозаторов. В связи с этим рекомендуется производить дозацию всех компонентов дисковыми питателями конструкции Института торфа АН БССР, обеспечивающими точность дозации с погрешностью не более $\pm 2,5\%$. Компоненты смешиваются в двухвальных смесителях лопастного типа непрерывного действия в течение 2—3 мин.

Процесс грануляции по технологии Института торфа АН БССР осуществляется модернизированным стандартным ленточным прессом СМК-21, снабженным перфорированной решеткой с диаметром фильер 4—5 мм при давлении в напорной части 0,5—1,0 МПа, производительностью 5—6 т/ч. Сушка гранул проводится в бара-

банных лопастных сушилках типа Н-167 в течение 30—40 мин с нагревом торфоминеральной смеси до 80—90 °С, что обеспечивает необходимые условия для активного протекания химических процессов — образования аммиака, аммонизации торфа, сорбции ионов фосфорной кислоты и ионообмена калия и др. В результате такого взаимодействия минеральных и органических веществ в сформованных гранулах образуются гуматы аммония, приобретающие биологическую активность, создаются водоустойчивые органоминеральные комплексы, прочные каркасы, в ячейках которых питательные вещества находятся в растворимом, доступном для растений состоянии. Сушка КГУ до 8—12% закрепляет эти положительные свойства.

Готовые гранулы проходят сепарацию и подаются на склад. Фракции меньше и больше заданных размеров дробятся и возвращаются в технологическую линию на стадию смешения. В смеситель по мере надобности может подаваться технологическая вода для получения нужной консистенции торфоминеральной смеси. КГУ могут храниться в навалах до 1 года.

Для производства КГУ используется торф зольностью не выше 25%, со степенью разложения не менее 25% и рН(КС1) не более 6,5%.

Гуминовые вещества, активизированные аммиаком в КГУ, приготавливаемых по технологии Института торфа АН БССР, проявляют стимулирующее действие. Поэтому в этих удобрениях торф выступает в качестве биологически активной связующей основы, обладающей высокими ионообменными и сорбционными свойствами. Это повышает физико-химическую устойчивость минеральных элементов и, как следствие, устойчивость их от вымывания из гранул, увеличивает период действия минеральных удобрений и коэффициент использования питательных веществ растениями. Такие КГУ являются сложносмешанными и имеют ряд отличительных свойств.

Комплексные гранулированные удобрения состоят из 30% торфа по сухому веществу и 70% азотно-фосфорно-калийных туков, что обеспечивает содержание действующего вещества 34—35% всех элементов. Соотношение азота, фосфора и калия в гранулах изменяется дозированием минеральных компонентов в процессе производства КГУ.

КГУ Института торфа АН БССР имеют пониженную гигроскопичность и не слеживаются, что позволяет хранить их в незатаренном виде при относительной влажности до 80—85% на протяжении года без ухудшения качества. Благодаря высокой сыпучести удобрений они вносятся туковысевающими аппаратами с большой точностью дозирования и равномерно распределяются по площади.

При применении гранулированных удобрений на основе торфа исключаются такие предварительные работы, которые обычно проводятся при использовании минеральных удобрений, как дробление, просеивание, дозирование по элементам питания и смешивание, что удешевляет их внесение в почву и позволяет совершенствовать агрохимическое обслуживание колхозов и совхозов. Гранулированные удобрения на основе торфа нетоксичны, позволяют резко повысить гигиену труда по сравнению с обычными, особенно порошковидными туками.

Как показали исследования, устойчивость азота аммиачной селитры от вымывания из гранул, приготовленных по способу Института торфа АН БССР с радиоактивной меткой, повышалась на 25—30%, а калия — на 65—70%. В связи с этим удлиняется период действия удобрений более чем на 20—30% и увеличивается коэффициент их использования растениями, что соответственно повышает эффективность и экономичность гранул. Указанное свойство удобрений также очень важно с точки зрения охраны окружающей среды, вод природных водоемов и грунтов от загрязнения их, особенно нитратами.

Свойства новых удобрений

При решении вопроса о повышении эффективности минеральных питательных веществ большое внимание уделяется получению удобрений с заданной интенсивностью вымывания питательных веществ. В одних случаях это достигается режимом сушки, в других — за счет нанесения покрытий. Эта проблема может решаться также созданием структуры гранул определенной плотности и пористости, за счет изменения конечной влажности гранулированных удобрений, размеров гранул и др.

В качестве органической составляющей исследуемых

Зависимость физико-механических свойств гранулированных удобрений от режима сушки

Конечная влажность, %	Режим сушки, °С	Скорость вымывания веществ, %/мин	Плотность, г/см ³	Прочность, МПа
6,9	70	1,79	1,54	12,6
6,9	100	1,82	1,54	15,2
5,9	150	1,78	1,43	17,7
6,3	200	1,90	1,33	13,3
5,1	280	1,97	1,25	10,4

удобрений использовался в основном осоковый и тростниковый виды торфа степенью разложения от 35 до 45%. Источником минеральных питательных элементов служили карбамид, двойной суперфосфат и хлористый калий. Формование осуществлялось в шнековом грануляторе. Гранулы высушивались в барабанной зерносушилке типа СЗПБ до влажности 8—12% при температуре теплоносителя на выходе до 80—100 °С.

Прочность гранул на сжатие определялась по стандартной для минеральных удобрений методике на экстензометре ИПГ. Устойчивость питательных веществ к вымыванию в водной среде определялась кондуктометрическим методом и характеризовалась средней скоростью вымывания веществ за первые 30 мин анализа.

Режим сушки. Использование этого метода предполагает, в частности, получение пересушенного за счет интенсивного обезвоживания при высоких температурах поверхностного слоя гранул, который в силу своей плотности и прочности стал бы защитной оболочкой, задерживающей растворение минеральных солей гранул и вынос их в виде насыщенного раствора в водную среду или увлажненную почву. Соответствующие эксперименты проводились в термостатированном шкафу при температуре от 70 до 280 °С для удобрений, содержащих 30% осокового торфа при соотношении минеральных компонентов NPK 1:1:1. Результаты экспериментов приведены в табл. 22.

Как видно из таблицы, значительных изменений физико-механических свойств гранулированных удобрений при температурах сушки в диапазоне 70—150 °С не происходит. Возрастание температуры сушки до 200—

280 °С приводит к некоторому увеличению коэффициента растворимости питательных веществ, что связано, очевидно, с ухудшением условий переноса влаги к поверхности испарения и процессов структурообразования в объеме гранул. Последнее подтверждается снижением плотности образцов с 1,54 до 1,33—1,25 г/см³ и прочности на сжатие с 15,2—17,7 до 13,3—10,4 МПа. Очевидно, в процессе сушки с высокой интенсивностью ввиду отставания скорости протекания процессов структурообразования от обезвоживания материала в объеме гранул, тем более в ее поверхностной оболочке, появляются значительные дефекты структуры, облегчающие доступ влаги к минеральным компонентам, равномерно распределенным в объеме гранулы, и их выход из гранул в виде насыщенного раствора. Об этом свидетельствует, в частности, возрастание скорости вымывания питательных веществ от 1,8 до 1,9—2,0%/мин. Таким образом, создание защитной уплотненной оболочки гранул за счет ужесточения режима сушки довольно затруднительно.

Покрyтия. Перспективным при решении проблемы повышения устойчивости гранулированных удобрений в водной среде следует считать метод нанесения покрытий, главным образом из высокомолекулярных соединений и поверхностно-активных веществ, пека, дегтя, асфальта, парафина, каменноугольной смолы, воска, сахара, желатины, целлюлозы и ее производных, бентонитов, глин и др. В качестве опудривателей в ряде случаев используют торфяной порошок, угольную пыль и другие органические и неорганические вещества.

В табл. 23 приведены результаты исследования физико-механических свойств разрабатываемых нами удоб-

Таблица 23

Влияние покрытия на устойчивость питательных элементов гранулированных удобрений при НРК 1:1:1 и 30% содержания торфа

Покрyтие	Скорость вымывания веществ, %
Без покрытия	3,06
Хлористый кальций	2,05
Фосфогипс	1,68
Хлористый магний	1,24
Каолин	1,13

рений, окатанных фосфогипсом, каолином, хлористым магнием и хлористым кальцием.

Все используемые покрытия в той или иной мере положительно влияют на величину коэффициента растворимости элементов питания растений в водной среде. Особенно благоприятное воздействие оказывают каолин, используемый с этой же целью на химических комбинациях при производстве сложносмешанных гранулированных удобрений, а также хлористый магний и фосфогипс, которые могут служить не только в качестве кондиционирующей добавки, но и как источник микроэлементов магния и серы. Следует принимать во внимание также и то, что фосфогипс является отходом суперфосфатного производства. Исследования показали, что повышение содержания магния допустимо до 8% MgO при сохранении в удобрении требуемого уровня P_2O_5 в воднорастворимой форме.

В качестве кондиционирующей добавки при производстве сложносмешанных удобрений используют омасливающие и смачивающие вещества (парафинистый мазут, сульфитные щелока и др.) и опудривающие материалы (каолин, бентонит, доломит, кизельгур и др.). Расход опудривателей невелик, например для известняка или кизельгура он составляет до 20 кг на 1 т готовой нитрофоски, т. е. 2 мас. %.

Приведенные данные показывают возможность увеличения устойчивости питательных веществ к вымыванию за счет покрытия неорганическими веществами. Однако при этом в технологический процесс необходимо вводить дополнительно операцию опудривания и поставлять некоторое количество этого компонента.

Устойчивость питательных веществ к вымыванию можно в значительной мере регулировать изменением плотности структуры гранул. Этого можно достичь, например, интенсивной сушкой в «кипящем слое» либо режимом грануляции. Эксперименты показали, что при сушке в «кипящем слое» с температурой теплоносителя $250^\circ C$ и более материал гранулы весьма интенсивно прогревается. При этом процесс парообразования протекает не только на поверхности гранул, но и в объеме. Пар, выходя из высушиваемого материала, оставляет после себя поры, которые не исчезают в дальнейшем, так как усадка материала значительно отстает от интен-

Зависимость плотности гранулированных удобрений
от режима сушки в «кипящем слое», г/см³

Температура сушки, °С	Содержание хлористого калия, %	
	85	95
25 (комнатная)	1,67	1,90
130	1,25	—
150	1,25	1,50
180	1,25	—
250	1,11	—

сивности удаления влаги. После завершения усадочных процессов структура гранул получается рыхлой, пронизанной сетью связанных между собой пор, доступной для проникновения влаги и растворения питательных веществ, которые диффундируют затем в почвенный раствор и водную среду. Таким образом, можно получить «быстродействующие» удобрения, основным недостатком которых являются их низкая механическая прочность и плотность (табл. 24).

Другим методом получения «быстродействующих» удобрений может служить гранулирование органоминеральных смесей в кольцевых прессах с использованием в качестве органической основы торфа влажностью 20—25%. Недостатки продукции, получаемой этим методом, те же, что и в предыдущем случае, так как спрессованная механическая смесь обладает невысокой прочностью к воздействиям и неустойчива при длительном хранении.

Весьма перспективно введение в объем сгранулированной торфоминеральной смеси химических добавок, ингибирующих или ускоряющих растворение тех или иных компонентов питательных веществ в гранулах. В настоящее время нами проводятся соответствующие поисковые работы. В частности, проверяется эффективность использования для этих целей некоторых видов отходов производств, например ГИПАН, КОСЖК и др.

Наиболее доступными технологическими методами регулирования скорости вымывания питательных компонентов для создания удобрений с заданной длительностью действия могут служить изменения конечной влажности и размеров гранул. Результаты этих экспериментов приведены в табл. 25.

**Влияние конечной влажности
на физико-механические свойства удобрений**

Влажность, %	$\sigma_{сж}$ МПа	Скорость вымывания веществ, %/мин
5	19,3	2,26
10	12,0	2,28
15	6,7	2,39
20	5,2	2,43

Таблица 26

**Влияние размера гранул
на физико-механические свойства удобрений**

Диаметр гранул, мм	$\sigma_{сж}$ МПа	Скорость вымывания веществ, %/мин
2,7	28,7	2,70
3,5	23,2	2,45
4,4	14,8	2,22
5,6	10,4	2,03

Регулируя конечную влажность гранул в пределах 5—10%, можно до некоторой степени влиять на устойчивость минеральных питательных веществ гранул к вымыванию. Однако следует заметить, что, получая этим методом более «быстродействующие» удобрения, можно снизить прочность гранул на сжатие ниже пределов, допустимых требованиями сохранения их целостности при многократных перегрузках.

Наиболее приемлемо для существующей технологии получения органоминеральных удобрений на основе торфа регулирование устойчивости минеральных питательных веществ за счет изменения размера гранул. Увеличение диаметра гранул (табл. 26) от 2,7 до 5,6 мм снижает скорость вымывания питательных веществ с 2,7 до 2,03% при использовании в качестве источника калийного питания хлористого калия. Применение глиносолевых шламов вместо хлористого калия подтверждает эти выводы. Снижение абсолютных величин скорости вымывания минеральных компонентов по сравнению с хлористым калием объясняется меньшим на 25% содержанием

питательных элементов. При этом надо учесть, что в общей сумме вымытых веществ кондуктометрический метод определения устойчивости гранулированных удобрений учитывает и вклад растворившегося хлористого натрия, содержащегося в глиносолевых шламах в количестве до 20—25% абсолютно сухого веса.

Таким образом, в настоящее время в качестве достаточно эффективного мероприятия для получения медленно- и быстродействующих гранулированных удобрений можно рекомендовать изменение размера формуемых гранул в диапазоне 3—7 мм. Гранулы этих размеров хорошо высеиваются всеми существующими в стране туковысеивающими аппаратами и могут быть получены на одном и том же грануляторе за счет смены формующей решетки с необходимым диаметром формующих отверстий.

Были проведены исследования по изучению хранимости комплексных минеральногуминовых гранулированных удобрений на основе торфа в затаренном и незатаренном виде с целью разработки мероприятий для обеспечения возможности безстарного их хранения. В качестве тары использовались пятислойные бумажные мешки, непропитанные по ГОСТ 2227—65.

При хранении в затаренном виде мешки укладывались в штабеля по два мешка в ряд крест-накрест высотой в 10—12 ярусов. Разрывы между штабелями и расстояние от стен составляли 0,5—1,0 м. Основанием служила деревянная решетка.

При безстарном хранении удобрений исследования проводились в отсеках из листового асбоцемента, площадь отсека составляла около 1,5 м² при высоте 2,5 м. Температура и влажность воздуха в складском помещении регистрировались ежедневно и соответствовали метеорологическим параметрам на улице, так как склад не отапливался, кроме того, одна сторона его была открытой.

Пробы удобрений отбирались ежемесячно, по которым определялись влажность, прочность на сжатие, содержание общего азота, фосфора, калия — по стандартным методикам. Пробы из навала удобрений отбирались в точках, отстоящих на 5, 50, 100 и 150—200 см от верхнего края навала. Из мешков пробы отбирались через один ярус, начиная снизу.

Хранение комплексных минеральногуминовых гранулированных удобрений, приготовленных с использованием 30%-ного аммонизированного торфа в течение 6 месяцев как в затаренном, так и в незатаренном виде, не обнаружило значительных изменений состава удобрений. Следует все же отметить незначительное снижение к концу рассматриваемого периода содержания общего азота в верхнем пятисантиметровом слое удобрений, хранимых в навале. Это объясняется, очевидно, довольно высокой влажностью (до 87—96%) при относительно низкой температуре, которые были зарегистрированы в июле, августе и сентябре 1977 г. Низкое парциальное давление водяных паров над поверхностью насыщенного раствора на периферийной поверхности гранул способствовало развитию процессов сорбции материалом влаги и частичному разбавлению насыщенного раствора. Увлажнение поверхностных слоев удобрений и перенос влаги к нижележащим слоям в виде пара и раствора солей могли привести к некоторому обеднению верхних слоев водорастворимыми элементами минерального питания.

Однако, как подтверждают данные, процессы диффузии влаги в бункере распространяются на небольшой слой и практически прекращаются на глубине 20—30 см от поверхности навала. Влажность нижележащих слоев колеблется в узких пределах — от 10 до 14%. Несколько чувствительнее оказался самый нижний, контактирующий с бетонным полом, слой, влажность гранул в котором в июле — августе повышалась до 20—20,5%. Однако в сентябре — ноябре она понизилась до 13%, что не отразилось значительно на величине прочности гранул на сжатие (9,6—10,5 мПа). Вообще же по высоте навала наиболее устойчивыми по прочности и влажности оказались слои высотой до 1—1,5 м от пола. В верхних, более рыхлых слоях прочность гранул на сжатие понизилась в 2—3 раза по сравнению с исходной (18,6—20,0 мПа) при влажности 9,6—9,9%. Также неглубоко проникает сорбированная влага при хранении гранулированных удобрений в непропитанных бумажных мешках, причем основную защитную роль от воздействия влаги в этом случае играют сами гранулы: при высокой влажности воздуха они поглощают влагу, отдавая ее в сухие периоды.

На наш взгляд, бумага тары даже несколько усугуб-

ляет процесс увлажнения удобрения. Конденсирующаяся на мешках атмосферная влага впитывается бумагой вследствие ее гигроскопичности и способствует растворению контактирующих с внутренней поверхностью мешка минеральных компонентов гранулированных удобрений. Пропитывание материала мешка насыщенным раствором минеральных солей комплексных гранулированных удобрений из-за разностей давлений водяных паров над поверхностью, пропитанной насыщенным раствором бумаги мешка и атмосферой, способствует более интенсивному поглощению влаги из атмосферы. Процесс выноса питательных элементов удобрений на поверхность бумажного мешка и их растворение сорбируемой влагой могут проходить довольно долго, но в нашем случае ограничиваются потерей прочности бумажной тары. Практически целостность тары нарушается при влажности воздуха 80—85% уже через 3—4 месяца. Химический анализ показал, что на каждом квадратном метре поверхности мешка за 3—4 месяца хранения во влажных условиях высаливается до 10 кг K_2O , 0,80 г P_2O_5 и 0,01 г азота. В процессе хранения прочность гранул снижается примерно одинаково во всех мешках (до 7—9 мПа), опускаясь до 5—6 мПа при повышении влажности гранул до 18—20%.

Таким образом, приведенные результаты наблюдений за изменением состава, влажности и прочности гранулированных удобрений в течение 1,5 лет показали возможность длительного хранения гранул в навале в условиях отсутствия контакта с почвой и прямого попадания влаги. Нерационально с экономической точки зрения хранение разрабатываемых удобрений в бумажных непропитанных мешках.

Коррозия металлов наносит большой вред народному хозяйству страны. Особенно это ощутимо в сельском хозяйстве, так как условия эксплуатации и хранения машин, одновременное воздействие агрессивной среды и интенсивного абразивного изнашивания приводят к преждевременному выходу их из строя. Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, свидетельствуют о том, что углеродистая сталь без каких-либо покрытий подвержена коррозионному воздействию большинства применяющихся ядохимикатов и минеральных удобрений.

Задача продления срока службы сельскохозяйственных, в частности туковысевающих машин, решается в настоящее время в основном за счет применения легированных сталей или антикоррозионных покрытий. Однако ее можно, по-видимому, решать и другим образом — изменением физико-механических и химических свойств самих удобрений. Так, разработанная в Институте торфа АН БССР технология приготовления комплексных гранулированных органоминеральных удобрений на основе торфа, позволяющая создавать эластичную ячеистую структуру из органического вещества торфа (или сапропеля), в полостях которой равномерно распределены основные элементы питания растений NPK, снижает процесс преждевременного растворения минеральных питательных веществ в гранулах и уменьшает гигроскопичность удобрения в целом. Кроме того, вследствие сокращения в 1,5—2 раза доли поверхности гранул, приходящейся на минеральные компоненты, соответственно снижаются возможность непосредственного контакта туков с рабочей поверхностью отдельных органов сельскохозяйственных машин и их корродирующее и абразивное воздействие.

Исследования на общую коррозию сталей Ст. 3, 45 и легированной хромоникелевой X18H10T проводились в среде комплексных гранулированных удобрений с влажностью 10%, содержащих 30% торфа и 70% минеральных туков в виде мочевины, двойного суперфосфата и хлористого калия. Исследовалось также коррозионное влияние на эти же стали разработанного Институтом торфа АН БССР гранулированного хлористого калия с добавкой в качестве связующего 5% торфа (влажность 1,5—2%). Шлифованные металлические пластины из указанных сталей погружались в стаканы с удобрениями КГУ, гранулированным на основе торфа хлористым калием, и для сравнения — в исходные минеральные туки — мочевины, двойной суперфосфат, хлористый калий и их смесь (NPK) со стандартной влажностью. Стаканы с пластинами выдерживались в жестких условиях — в гидростате с относительной влажностью воздуха 98% при температуре 25 °C в течение 18 месяцев. Результаты исследований приведены в табл. 27. Как видно из таблицы, наибольшее коррозионное воздействие из одинарных туков оказывают хлористый калий и двой-

Среднемесячная общая коррозия стальных образцов, г/м²

Вид удобрения	Сталь		
	Ст. 3	45	X18H10T
Мочевина	13,8	10,7	3,8
Двойной суперфосфат	31,8	58,0	5,2
Хлористый калий	60,0	51,0	0
Смесь NPK	140,3	127,5	7,9
КГУ	56,1	55,0	0
Хлористый калий гранулированный с 5% торфа	34,6	29,1	0

ной гранулированный суперфосфат. Последний, очевидно, вследствие наличия свободной фосфорной кислоты корродирует, хотя и в небольшой степени, даже хромо-никелевую сталь X18H10T.

Корродирующее воздействие смеси минеральных компонентов более значительно, чем каждого из них в отдельности, что объясняется, по-видимому, образованием при смешении удобрений новых более агрессивных химических соединений. Например, мочевина в смеси с двойным суперфосфатом и хлористым калием может гидролизироваться до аммиака и углекислоты. Подавление процесса гидролиза мочевины в присутствии избыточных количеств аммиака аммонизированного торфа, а также, как уже указывалось, уменьшение поверхности контакта минеральных компонентов органоминеральных гранул с металлом снижает величину общей коррозии углеродистых сталей в 2,4—2,5 раза. На легированную хромо-никелевую сталь комплексные гранулированные на основе торфа удобрения практически не оказывают коррозионного воздействия. Примерно в 1,5 раза снижается влияние хлористого калия на углеродистые стали благодаря гранулированию его с торфом.

Наблюдения с помощью микроскопа МС-51 показали, что «ржавление» пластинок из сталей Ст. 3 и 45 в среде удобрений КГУ обнаружилось спустя 4—5 дней после начала эксперимента лишь в точках контакта металла с гранулами, в то время как в среде минеральных туков общая коррозия металлических пластин из углеродистой стали начиналась уже на вторые сутки.

Проведенные исследования показали, таким образом,

возможность снижения коррозионного воздействия минеральных удобрений за счет их гранулирования с активизированным торфом и увеличения в 1,5—2 раза срока службы рабочих органов, бункеров сельскохозяйственных машин, изготовленных из углеродистой стали.

3.5. КОМПЛЕКСНЫЕ ГРАНУЛИРОВАННЫЕ УДОБРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Для успешного решения задач по дальнейшему развитию земледелия, увеличению производства зерна и кормов в каждом колхозе и совхозе необходимо полнее использовать местные удобрения как важное средство повышения плодородия почв, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Наряду с расширением применения традиционных местных удобрений (навоз, торф, торфонавозные компосты и др.) следует изыскивать и новые эффективные источники, которыми успешно могут служить отходы промышленных предприятий.

Использование глиносолевых шламов. В настоящее время обогатительными фабриками производственного объединения «Белорускалий» ежегодно сбрасывается в шламохранилища в пересчете на сухое вещество до 1,5 млн. т глиносолевых шламов. Помимо возрастающего засоления почв и водных источников, это приводит к значительным потерям питательных веществ. Так, в пересчете на K_2O в глиносолевых шламах теряется до 200—250 тыс. т калия. Таким образом, утилизация отходов калийного производства является весьма важной народнохозяйственной задачей.

По физическим свойствам глиносолевые шламы относятся к глинистым материалам тестообразного вида. Влажность их высокая и колеблется в пределах 32—35%. Химический анализ показывает, что шламы содержат большое количество (до 35—38%) хлористых солей натрия и калия. Содержание K_2O колеблется в пределах 16—18%. В шламах также имеются сульфаты кальция, магния, натрия и калия (до 4—4,5%) и некоторое количество микроэлементов: марганец, цинк, кобальт, медь, никель, магний и особенно много железа. Около 45—55% массы шламов представлено высокодисперсными глинистыми частицами.

Исследования, проведенные в Институте торфа АН БССР совместно с БелНИИ почвоведения и агрохимии, Белорусским филиалом Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института галургии и производственным объединением «Белорускалий», позволили разработать технологию получения органоминерального удобрения на основе активизированного органического вещества торфа с использованием глиносолевых шламов в качестве источника калия.

С учетом химической природы шламов и их физических свойств были приготовлены комплексные удобрения в гранулированном виде. В качестве связующей и биологически активной основы в таких удобрениях был применен низинный нормально зольный торф (тростниковый торф со степенью разложения 40—45%, содержанием гуминовых веществ 45—50%, зольностью 12—15%, рН(KCl) 5,1—5,4). Такие удобрения балансировались введением в их состав азотных и фосфорных минеральных компонентов, что важно не только с точки зрения наличия полного состава элементов минерального питания, но и в еще большей мере для снижения вредного воздействия на растения хлорида шламов.

Технологическая схема приготовления таких удобрений состоит из отсева фракций торфа более 8 мм, подсушки шламов до 5—8% влажности, дробления и сепарации их до фракций не более 3 мм, дозаций карбамида, двойного суперфосфата, глинистых шламов и торфа в заданных соотношениях, смешивания компонентов, грануляции смеси, сушки гранул с одновременным их окатыванием до влажности массы 8—12%, охлаждения, сепарации и складирования готовой продукции.

Первые опыты показали, что удобрительная смесь с 20—50% глиносолевых шламов гранулируется при содержании торфа как связующей основы в количестве 10—30%. Остальное количество представлено азотно-фосфорными минеральными удобрениями. Расход глинистых шламов определяется содержанием калия и потребностью в нем растения при сбалансированном содержании азота и фосфора.

Наличие торфа в составе удобрений снижает подвижность питательных элементов, способствует уменьшению их потерь и повышает коэффициент использования растениями питательных веществ. Это обуславлива-

ется ионообменными и сорбционными свойствами органического вещества торфа. Так, при введении в состав гранулированных удобрений 10% торфа вымываемость азота из гранул снижается на 20%, а калия — на 10%. При 50%-ном содержании торфа водоустойчивость азота повышается почти на 30%, а калия — на 35%.

Использование фосфогипса. Другим многотоннажным видом отходов химического производства является фосфогипс, который образуется при производстве двойного суперфосфата в результате взаимодействия апатитового концентрата с серной кислотой в специальных реакторах и отмывки водой фосфорной кислоты. Фосфогипс гигроскопичен и весьма сложен по своему химическому составу. Из анионов в составе фосфогипса, например Гомельского химзавода, преобладают сульфаты (до 57%, около 20% в водорастворимой форме) в основном кальция (около 39%). Фосфатов в фосфогипсе мало—до 1%, но зато имеется большой ассортимент микроэлементов—магний, титан, алюминий, железо и др. Фосфогипс ценен для сельского хозяйства и как источник микроэлемента серы, особенно теперь, когда производство простого суперфосфата, содержащего большое количество гипса, сокращено до минимума.

Известны способы гранулирования фосфогипса с использованием в качестве связующего окислов кальция или пиритного огарка. Фосфогипс применяется для кондиционирования минеральных удобрений в качестве опудривающей добавки в количестве 2—4% от массы минеральных удобрений.

Исследования, проведенные в Институте торфа АН БССР совместно с БелНИИ почвоведения и агрохимии, показали возможность использования фосфогипса для повышения устойчивости питательных веществ разрабатываемых нами комплексных гранулированных удобрений на основе торфа. Технология приготовления таких удобрений с использованием фосфогипса в основном аналогична технологии производства КГУ с использованием глиносолевых шламов.

При применении фосфогипса в качестве опудривающей добавки в технологическую цепь после грануляции вводится барабан-опудриватель с насадками (спиральной и полочной) для равномерного перемешивания продукта. Загрузка фосфогипса механическая или пневмо-

транспортом. Продолжительность операции опудривания до 3—5 мин. Расход фосфогипса натуральной влажности (около 40%) не превышает 2—4% от массы гранулируемых удобрений.

При введении фосфогипса в объем гранулируемой смеси дозировка осуществляется дисковым питателем конструкции Института торфа АН БССР (рис. 8). Дисковый питатель состоит из верхней 1 и нижней 2 ступеней двухступенчатого бункера-накопителя, вращающегося диска 3 со скребками 4 и дозировочного ножа 5.

Для увеличения эффекта уплотнения ось верхней ступени 1 двухступенчатого бункера-накопителя смещается относительно оси нижней ступе-

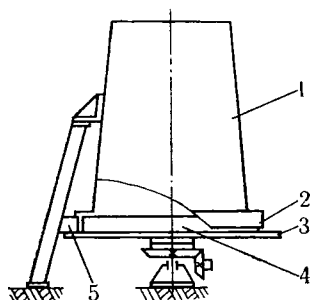


Рис. 8. Схема дискового питателя

ни 2. Выпускное окно при этом расположено со стороны, противоположной оси верхней ступени 1.

Утилизация осадка сточных вод. Как свидетельствует отечественный опыт земледелия, многие виды промышленных отходов и коммунально-бытовых стоков (отходы металлургических, химических, цементных, спиртовых и сахарных заводов, буроугольных и горнодобывающих предприятий, городские отбросы, канализационные стоки) оказывают положительное влияние на качество местных удобрений. Положительные результаты получены в ряде зарубежных стран (Голландия, Дания, Венгрия, США, Франция, Англия и др.) при использовании в сельском хозяйстве отходов промышленности и городского мусора. Например, в Венгрии применяется компост из остатка сточных вод, в состав которого входят птичий помет, грибница шампиньонов и органические компостируемые вещества, такие, как размолотая кора деревьев, отходы консервной и пивоваренной промышленности, навоз, земля и торф. Эти удобрения, несмотря на их положительные качества, обладают и рядом недостатков. В частности, при высоких температурах; развивающихся в буртах при компостировании и длительном

хранении, имеют место потери азота в результате процессов денитрификации и разложения гумусовых веществ.

Институтом торфа АН БССР разработан новый вид органоминерального удобрения, содержащего отходы производства и 50% от общей массы смеси минеральных компонентов. Связующей основой является торф, который в процессе производства гранул аммонизируется. В этом случае образуются физиологически активные гуматы, которые в концентрациях 0,01—0,001% действуют как стимуляторы роста растений, способствуя образованию более прочной и устойчивой к воздействию воды структуры смешиваемых твердых компонентов.

Активизация гуминовых веществ торфа аммиаком также повышает реакционную способность гуминовых кислот к ионообменному и комплексообразовательным процессам с ионами таких металлов, как алюминий, железо, медь и др., избыточное количество которых оказывает токсическое действие на рост и развитие растений. Так, например, осадок сточных вод Орехово-Зуевского промышленного района содержит большое количество соединений железа, алюминия, меди и др. Валовой состав зольных элементов в нем характеризуется следующими показателями (мас. % на абсолютно сухое вещество зольного осадка): SiO_2 —8,4—12,3; Al_2O_3 —6,4—11,1; Fe_2O_3 —3,0—11,1; CuO —0,3—0,6; MgO —4,6—14,6; N —1,0—2,0; P_2O_5 —0,9—1,0; K_2O —0,1.

При изготовлении КГУ с осадком аналогичного состава аммонизированный торф способствует переводу микроэлементов и ионов одновалентных металлов в водорастворимые легкодоступные для растений соединения — гуматы, а ионы двух- и трехвалентных металлов — связыванию в малорастворимые комплексы.

Использование неаммонизированного торфа для образования водорастворимых соединений питательных веществ и нейтрализации вредного воздействия катионов тяжелых металлов неэффективно и приводит к 5—6-кратному возрастанию расходования торфа из-за его низкой реакционной способности.

ПРИМЕНЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИИ НА ОСНОВЕ ТОРФА

4.1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА И СОЛОМЫ

Работы Л. А. Христовой [45], М. М. Кононовой [53], А. В. Александровой [54], И. М. Курбатова [46] и других показали, что присутствие в почве незначительного количества гуминовых кислот способствует усилению роста корней, повышению интенсивности дыхания растительных тканей, степени использования элементов минерального питания и, как следствие, общему увеличению биомассы растений.

В Институте торфа АН БССР проведены исследования по изучению влияния гуминовых кислот тростникового торфа на некоторые биохимические и ростовые процессы в зоне развития корневой системы кукурузы. Опыты проводились в камере искусственного климата «Фойтрон» методом водной культуры по схеме: вода дистиллированная, раствор Прянишникова и раствор Прянишникова + 0,001%-ный раствор гуминовых кислот.

Исследования показали, что добавление к среде Прянишникова раствора гуминовых кислот тростникового торфа увеличивает накопление биомассы в активной зоне роста корня, повышает содержание азота и белка, стимулирует рост корня в длину и общее накопление биомассы всеми вегетативными органами проростков кукурузы. Так, суммарное накопление биомассы проростками кукурузы (листьев и корней) увеличивается на 10,5%, в том числе листьями на 14%, корнями на 4% (табл. 28). В активных зонах роста корней (табл. 29) сухая масса возрастает по сравнению с фоном (среда Прянишникова) на 25%, содержание общего азота и белка — на 6%, зольных элементов — на 5,7%.

Аммонизация торфа положительно сказывается на его биологической активности и в целом на агрономиче-

Накопление биомассы проростками кукурузы,
выращиваемыми на различных средах, мг/растение

Среда питания	Сырая масса			Сухая масса			Прибавка общей биомассы к контролю, %
	листья	корни	общая биомасса	листья	корни	общая био-масса	
1-я	143,9	121,7	265,6	11,9	8,2	20,1	—
2-я	291,7	153,1	444,8	22,6	13,7	36,3	81
3-я	325,9	162,2	488,1	25,8	14,2	40,1	100

Таблица 29

Накопление некоторых веществ
в зоне роста корней кукурузы

Среда питания	Накопление биомассы, сухое вещество	Содержание, % на сухое вещество		Вода, мг	Зола, %
		азот	белок на сырой протейн		
1-я	0,26	5,82	36,38	2,82	8,16
2-я	0,32	5,90	36,88	3,50	10,57
3-я	0,40	6,23	39,16	3,60	11,17

ских свойствах. Исследования показывают высокую биологическую активность гуматов аммония торфа. При этом активность их проявляется при очень малых концентрациях в растворе в зависимости от культуры в пределах 0,001—0,01%. Гуматы аммония, выделенные из тростникового торфа со степенью разложения 40%, испытывались на проростках кукурузы (сорт Буковинский 3) (табл. 30).

Во всех вариантах опыта азотное, фосфорное и калийное питание было эквивалентным. В вариантах 2, 3 и 4 количество минерального азота уменьшалось в соответствии с его содержанием в гуматах. В варианте 5 все количество минерального азота восполнено содержанием его в гуматах. Данная схема опыта позволила при соблюдении равенства азотного питания дифференцировать влияние гуматов на ростовые процессы растения.

Результаты опыта показывают, что оптимальной концентрацией гуматов данного торфа, в максимальной мере

стимулирующей начальный рост кукурузы, является 0,01%. Прирост растений на 20 сут опыта составил 31%. Увеличение концентрации гуматов до 0,1%, когда все содержание азотного питания было представлено поглощенным азотом аммония гуматов, привело к гибели растений на 12 сут опыта. Это вызвано избыточной физиологической активностью гуматов аммония при равенстве в среде азота и других питательных элементов.

Закрепление в аммонизированном торфе различных форм азота аммиака предопределяет неравноценность его использования растениями. Проведенные исследования с применением меченых атомов (стабильный изотоп ^{15}N) показывают, что молодому растению на фоне физиологической активности гуминовых кислот доступны не только легкогидролизуемые формы азота аммонизированного торфа (обменная, физически и механически закрепленные), но и менее подвижная — легкогидролизуемая, включающая мобилизованный азот самого торфа. Оказываются доступными также малоподвижные в первое время формы химически связанного в торфе азота.

Таким образом, процессы аммонизации торфа не только приводят к активизации органического вещества, повышению его физиологических свойств, мобилизации азота органических соединений, повышению влагоемкости и снижению его водопроницаемости, но и обеспечивают доступность использования растениями почти всех

Таблица 30

Влияние концентрации гуматов аммония на рост кукурузы (сорт Буковинский 3) в начальной стадии онтогенеза (водная культура, 20 сут)

Номер варианта	Схема опыта	Длина растения, см	Прирост к контролю, %
1	$\text{P}_{0,05} \text{ г } \text{K}_{0,25} \text{ г (фон)} + \text{N}_{0,05} \text{ г/л}$ — контроль	42,5	—
2	Фон + $\text{N}_{0,0495} \text{ г/л} + 0,001\%$ гуматов	47,1	10,8
3	Фон + $\text{N}_{0,0475} \text{ г/л} + 0,005\%$ гуматов	49,4	16,2
4	Фон + $\text{N}_{0,0450} \text{ г/л} + 0,01\%$ гуматов	55,8	31,3
5	Фон + $\text{N}_{0,1\%} \text{ гуматов (N}_{0,005} \text{ г/л)}$	На 12 сут растения погибли	

поглощенных форм азота аммиака, в том числе мобилизованного.

Физико-химическая активизация гуминовых веществ торфа путем аммонизации создает предпосылки для более эффективного действия торфяных удобрений, основанных на принципе аммонизации. Оценка эффективности действия и последствия торфяных удобрений, приготовленных по различным технологиям, проводилась в стационарных опытах на среднеокультуренных дерново-подзолистых супесчаных почвах на экспериментальной базе «Дукора» Пуховичского района Минской области.

Опыты проводились в двух звеньях севооборота: картофель, озимая рожь, овес и ячмень, овес, люпин на зеленую массу. Дозы органических удобрений по всем вариантам выравнивали по сухому веществу и составляли в первом звене 15 т/га, во втором — 10 т/га. Дозы минеральных удобрений в первом звене N80P80K120, во втором N70P70K84. Необходимое содержание питательных веществ в торфогуминовых удобрениях задавалось при их изготовлении. При использовании других видов органических удобрений недостающее количество питательных элементов восполнялось за счет минеральных туков. Минеральные удобрения в варианте с исходным торфом не вносили. Все торфяные удобрения готовили на основе тростникового торфа месторождения «Переруб» Минской области.

Как показывают данные табл. 31, по всем видам органических удобрений, за исключением чистого торфа, по которому минеральные удобрения не вносили, получены достоверные прибавки урожая как по первой культуре, так и в последующие два года. При этом урожай по всем вариантам органических удобрений примерно одинаков. Исключение составляет исходный проветренный торф, проявивший существенно меньшую эффективность по сравнению с активизированными торфяными удобрениями. В условиях эксперимента чистый торф оказался в 2,5—3 раза менее эффективным, чем тот же торф после биохимической (торфяной навоз, торфонавозный компост, торфоэкскрементная смесь) и физико-химической активизации (торфогуминовые удобрения).

Суммарные прибавки урожая по звену севооборота от действия и последствия удобрений несколько разли-

Влияние различных органических удобрений на продуктивность звена севооборота: картофеля, озимая рожь, овес

Удобрения	1974 г. картофель. сорт Темп		1975 г. озимая рожь, сорт Белта		1976 г. овес, сорт Кондор		Общий урожай за 3 года, ц зерновых единиц	Среднегодовая прибавка к контролю, ц зерновых единиц
	ц/га	ц зерновых единиц	ц/га	ц зерновых единиц	ц/га	ц зерновых единиц		
Контроль (без удобрений)	112,1	28,0	20,4	20,4	17,5	14,0	62,4	—
Торф исходный	120,3	30,3	27,4	27,4	21,1	16,8	74,5	4,0
Навоз на соломенной подстилке	180,0	45,0	30,1	30,1	25,2	20,2	95,3	11,0
Навоз на торфяной подстилке	184,0	46,0	28,0	28,0	25,5	20,4	94,4	10,7
Торфонавозный компост	177,2	44,3	28,2	28,2	23,4	18,7	91,2	9,6
Торфоэксcreментная смесь	182,3	45,6	28,4	28,4	24,5	19,6	93,6	10,4
Торфогуминовые удобрения, приготовленные стационарно	186,6	46,7	29,8	29,8	25,0	20,0	96,5	11,4
Торфогуминовые удобрения, приготовленные под вспашку	188,0	47,0	30,4	30,4	25,5	20,4	97,8	11,8
Ошибка опыта (P), %	4,3	—	3,0	—	3,6	—	—	—
Наименьшая существенная разность (НСР _{0,05}), ц/га	12,0	—	2,4	—	1,1	—	—	—

Влияние различных органических удобрений на продуктивность звена севооборота:
ячмень, овес, люпин на зеленый корм

Удобрения	1972 г., ячмень сорт Эльгина		1975 г., овес сорт Кондор		1976 г., люпин на зеленый корм		Общий урожай за 3 года, ц зерновых единиц	Среднегодовая прибыль к контролю, ц зерновых единиц
	ц/га	ц зерновых единиц	ц/га	ц зерновых единиц	ц/га	ц зерновых единиц		
Контроль (без удобрений)	15,3	15,3	15,0	12,0	245,7	29,5	56,8	—
Торф исходный	16,8	16,8	18,7	14,9	255,7	30,7	62,4	1,9
Навоз на соломенной подстилке	25,0	25,0	20,4	16,3	283,6	34,0	75,3	6,2
Навоз на торфяной подстилке	26,9	20,9	19,4	15,5	297,8	35,7	78,1	7,1
Торфонавозный компост	24,5	24,5	19,4	15,5	275,7	33,1	73,1	5,4
Торфоэскрементная смесь	24,1	24,1	19,8	15,8	297,8	35,7	75,6	6,3
Торфогуминовые удобрения, при- готовленные стационарно	26,4	26,4	20,0	16,0	300,0	36,0	78,4	7,2
Торфогуминовые удобрения, при- готовленные под вспашку	26,6	26,6	20,1	16,0	302,1	36,2	78,8	7,3
Ошибка опыта (P), %	2,9	—	2,7	—	5,6	—	—	—
НСР _{0,05} , ц/га	2,0	—	1,6	—	19,3	—	—	—

Влияние различных видов органических удобрений на урожай картофеля и ячменя

Удобрения	Картофель в среднем за 1974—1976 гг.			Ячмень в среднем за 1975—1977 гг.		
	урожай, ц/га	прибавка урожая, ц/га	окупаемость 1 т органических удобрений прибав- кой урожая, кг	урожай, ц/га	прибавка урожая, ц/га	окупаемость 1 т органических удобрений прибав- кой урожая, кг
Контроль (без удобрений)	113,9	—	—	17,8	—	—
Торф исходный	121,6	7,7	51,3	19,4	1,6	16,0
Навоз на соломенной подстилке	180,9	67,0	446,7	27,2	9,4	94,0
Навоз на торфяной подстилке	184,6	70,7	471,3	28,7	10,9	109,0
Торфоавозный компост	168,2	54,3	362,0	25,5	7,7	77,0
Торфоэскрементная смесь	179,1	65,2	434,7	25,9	8,1	81,0
Торфогуминовые удобрения, при- готовленные стационарно	191,8	77,9	519,3	29,7	11,9	119,0
Торфогуминовые удобрения, при- готовленные под вспашку	198,5	84,6	564,0	30,5	12,7	127,0

чаются. Максимальные, равные 34—35 ц/га зерновых единиц, получены по торфогуминовым удобрениям. Эффективность торфонавозного компоста ниже на 16,5%. Это указывает на то, что при компостировании, особенно в зимний период, не всегда достигается полная активизация гуминовых веществ торфа.

Примерно аналогичные данные изучения эффективности различных видов органических удобрений получены в зерновом звене севооборота (табл. 32). В этом опыте навоз на торфяной подстилке оказывал равное влияние на урожай с торфогуминовыми удобрениями. Как и в предыдущем опыте, торфонавозные компосты, сбалансированные по содержанию элементов питания, проявили меньшую эффективность из всех испытываемых видов удобрений.

Представляют интерес сравнительные данные изучения эффективности различных видов торфяных удобрений, вносимых в почву в равных количествах по сухому веществу, но не выравненных по содержанию элементов минерального питания растений. В табл. 33 приведены трехлетние итоги экспериментов с картофелем (сорт Темп) и ячменем (сорт Эльгина), которые подтверждают ранее приводимые материалы о более высокой окупаемости прибавкой урожая торфогуминовых удобрений при внесении под картофель 15 т/га, а под ячмень 10 т/га по сухому веществу. Наибольший эффект получен на вариантах с использованием торфогуминовых удобрений, приготовленных под вспашку. Средние прибавки урожая по сравнению с чистым торфом составили по картофелю 76,9 ц/га, по ячменю 11,1 ц/га. Эффективности торфогуминовых удобрений уступали не только органические удобрения на торфяной основе, но и навоз на соломенной подстилке.

Обобщение опытов, проведенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах с ячменем, озимой рожью и картофелем, показало, что торфогуминовые удобрения, приготовленные различными способами, обеспечивают статистически достоверные прибавки урожая (табл. 34). Эффект от аммонизации торфа (в среднем по трем способам) составлял по ячменю 3,2 ц/га, озимой ржи 3 ц/га и картофелю 26 ц/га. При этом наибольшие прибавки урожая, особенно картофеля, дают удобрения, приготовленные по способу аммонизации торфа под вспашку.

Эффективность торфогуминовых удобрений, приготовленных различными способами, ц/га

Культура	Годы исследований	Количество опытов	Урожай без удобрений	Прибавка урожая в зависимости от удобрений							Эффект от аммонизации в среднем по торфогуминовым удобрениям
				торф	торфонавозный компост	NPK + торф	торфогуминовые				
							стационарные	под вспашку	под культивацию		
Ячмень	1974—1977	7	17,6	1,9	8,7	9,5	12,2	13,0	12,9	3,2	
Озимая рожь	1974—1977	5	16,6	1,4	8,7	9,8	12,4	13,2	12,7	3,0	
Картофель	1973—1977	9	143,0	9,0	5,1	76,0	96,0	130,0	97,0	26,0	

Таблица 35

Эффективность торфогуминовых удобрений в колхозах и совхозах БССР (средние данные по 112 хозяйствам)

Показатели	Торфогуминовые удобрения	Торфонавозные компосты и NPK
Урожайность культур, ц/га:		
картофель	181,0	160,0
зерновые	28,1	25,6
Прибавка урожая зерновых от последнего удобрения, ц/га	4,6	—
Дозы удобрений, ц/га:		
под картофель	43,0	56,0
под зерновые	28,0	36,0
Стоимость приготовления и внесения 1 т удобрений, руб.:		
с РК	3,07	3,69
без РК	1,73	2,29
Себестоимость 1 ц картофеля, руб.	3,16	4,09

Многолетние исследования и производственные испытания торфогуминовых удобрений в колхозах и совхозах республики свидетельствуют об их высокой эффективности в различных почвенно-климатических условиях. Так, по официальным данным хозяйств и управлений сельского хозяйства Витебской, Гомельской и Минской областей, из 160 учетных в 112 хозяйствах производственных посевов в 142 случаях при внесении торфогуминовых

удобрений получен большой урожай, чем при использовании эквивалентного количества других органических удобрений. При внесении под картофель 43 т/га торфогуминовых удобрений урожайность составила 181 ц/га, а 56 т/га торфонавозного компоста с минеральными туками — 160 ц/га, или на 11,6% меньше. Внесение под зерновые в среднем 28 т/га торфогуминовых удобрений дало урожай 28,1 ц/га, а 36 т/га торфонавозных компостов с минеральными удобрениями — 25 ц/га.

Наряду с высокой эффективностью действия и последствия торфогуминовых удобрений стоимость их приготовления и внесения в почву на 0,62 руб. ниже стоимости торфонавозных компостов. Себестоимость 1 ц картофеля, выращиваемого по торфонавозным компостам по сравнению с торфогуминовыми удобрениями, оказалась также выше на 0,93 руб. (табл. 35).

Таким образом, широкое использование торфогуминовых удобрений в практике колхозов и совхозов позволит не только получить дополнительное количество растениеводческой продукции, но и будет содействовать улучшению свойств почвы и более рациональному использованию торфяных ресурсов. Последнее имеет важное значение как для Белоруссии, так и для многих областей Нечерноземной зоны РСФСР.

4.2. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Несмотря на высокую эффективность минеральных удобрений, они далеко не полностью используются растениями. Коэффициент использования элементов питания снижается при внесении порошковидных туков вразброс и в неблагоприятных почвенно-климатических условиях. Наоборот, внесение туков в гранулированной форме, приближенное к растениям (припосевное, местное, локальное), способствует более высокой эффективности удобрений.

Большие перспективы открываются перед производством и применением более эффективных и экономичных комплексных удобрений многостороннего действия с различным содержанием и соотношением питательных веществ, а также с включением микроэлементов.

Особое значение приобретают комплексные органоминеральные удобрения в гранулированном виде. Органическое вещество в составе гранул позволяет снизить поглощение питательных веществ, особенно фосфорной кислоты, почвой и перевод ее в малоподвижные формы, создает более благоприятные условия для взаимодействия удобрений, почвы и растений.

Это положение в полной мере относится и к новому виду удобрений — комплексным гранулированным органоминеральным удобрениям на основе торфа. Соотношение азота, фосфора и калия в гранулах этих удобрений задается с учетом особенностей питания сельскохозяйственных культур и агрохимических свойств почв. Состав удобрений под ячмень, картофель и кукурузу приведен в табл. 36.

Под озимую рожь и пшеницу в зависимости от требований заказчика приготавливаются гранулы нескольких рецептур: полнокомпонентные с соотношением $\text{NPK} = 1:0,66:1$ (не требующие подкормки); гранулы состава $0,5:1:1,5$ (N30 вносится с осени, а N60 — с весенней подкормкой). Для озимых культур на окультуренных почвах с высоким содержанием гумуса изготавливаются фосфорно-калийные гранулы, которые могут быть использованы также для внесения под зернобобовые культуры (люпин, люцерна и др.).

Указанные выше соотношения элементов питания в удобрениях для сельскохозяйственных культур исполь-

Таблица 36

Содержание минеральных компонентов и торфа в КГУ
(на сухое вещество)

Показатель	Культура		
	зерновые (ячмень)	картофель	кукуруза
Соотношение $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ в гранулах	1:1:1,2	1:1,1:1,5	1:0,8:1,5
Содержание, %:			
азота	10,68	9,64	10,64
фосфора	10,68	10,56	8,51
калия	12,81	14,40	15,96
Суммарное содержание пита- тельных веществ	34,17	34,56	35,11
Содержание торфа, %	30,00	30,00	30,00

зуются для почв со средней обеспеченностью фосфором и калием. Изменением рецептуры можно получать удобрения для почв с различным уровнем плодородия и обеспеченностью основными элементами питания.

Под руководством БелНИИ почвоведения и агрохимии совместно с Институтом торфа АН БССР, БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства, областными опытными станциями и зональными агрохимическими лабораториями в различных почвенно-климатических условиях Белоруссии в течение 1976—1978 гг. проведены полевые деляночные и производственные испытания комплексных гранулированных удобрений на основе торфа в 73 опытах.

В большинстве опытов, как деляночных, так и производственных, от внесения органоминеральных гранулированных удобрений на торфяной основе получены прибавки урожая в сравнении с эквивалентной по содержанию питательных веществ смесью торфа и минеральных удобрений, а также в сопоставлении со смесью простых азотных, фосфорных и калийных туков.

Эффективность действия комплексных гранулированных удобрений. Ячмень (табл. 37). При разбросном внесении новых гранулированных удобрений в дозе N70P70K90, по данным семи деляночных и производственных опытов, средняя прибавка урожая зерна ячменя от гранул в сравнении с равноценным количеством смеси простых минеральных удобрений и торфа составила 2,9 ц/га.

Озимая рожь (табл. 37). По результатам проведенных восьми деляночных и пяти производственных опытов от применения гранулированных органоминеральных удобрений на основе торфа при средней дозе N90P60K90 получена средняя прибавка урожая зерна 2,3 ц/га по сравнению с равным количеством смеси простых туков и торфа. Отмечена тенденция к повышению урожая озимой ржи при внесении $1/3$ азота в составе гранул с осени и $2/3$ азота в весеннюю подкормку по сравнению с применением полнокомпонентных гранул, с которыми все элементы питания были внесены осенью.

Картофель (табл. 37). Средняя прибавка урожая картофеля от применения органоминеральных удобрений при дозе N70P80K100, по данным 25 опытов, составила 19,6 ц/га клубней. В специальных опытах, проведенных

Эффективность комплексных гранулированных удобрений
на основе торфа (1976—1979 гг.)

Культура	Вид опытов	Количество учетов	Средний урожай от гранул, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	
				к минеральному эквиваленту	к эквиваленту гранул
Ячмень	Деляночные	12	44,3	1,9	2,2
	Производственные	14	36,1	3,6	3,6
Озимая рожь	Деляночные	16	32,4	1,5	1,7
	Производственные	10	31,7	2,5	3,3
Картофель	Деляночные	23	221,5	15,9	17,1
	Производственные	15	258,0	24,6	23,9

по изучению эффективности различных способов внесения, было установлено, что прибавка урожая клубней от новых гранул, внесенных вразброс, составила 6,4 ц/га; при внесении этих же удобрений локальным способом средняя прибавка урожая (в 10 опытах) достигает 17,7 ц/га по сравнению с эквивалентным количеством смеси торфа и минеральных удобрений. По сравнению с нитрофоской преимущество комплексных органоминеральных гранул было еще более заметным — средняя прибавка (в 8 опытах) составила 21,7 ц/га (табл. 38).

Эффективность гранулированных органоминеральных удобрений неодинакова на различных по механическому составу почвах. На дерново-подзолистых суглинистых почвах в 8 опытах средняя прибавка урожая составила 10,7 ц/га, на супесчаных почвах — 14,4 ц/га (в 14 опытах). Самая высокая эффективность новых удобрений отмечена на песчаных почвах, где урожай картофеля повышался в среднем на 25,9 ц/га. Это объясняется лучшей физико-химической устойчивостью к вымыванию из КГУ элементов питания, подтвержденной специальными исследованиями, в том числе с радиоактивными метками.

Исследования, проведенные методом фиксированных проб, показали, что при внесении органоминеральных гранулированных удобрений в почву потери азота уменьшаются на 25—30%, калия — на 65—70%. Это позволя-

Влияние почвы и способа внесения комплексных гранулированных удобрений на урожай картофеля (1976—1979 гг.)

Показатель	Количество учетов	Средний урожай от гранул, ц/га	Прибавка урожая к эквиваленту гранул, ц/га
------------	-------------------	--------------------------------	--

В зависимости от способа внесения удобрений

Разбросное внесение	6	212,2	6,4
Локальное (в сравнении с полным эквивалентом гранул)	10	214,4	17,7
Локальное (в сравнении с нитрофоской)	8	216,4	21,7

В зависимости от механического состава почв (группы почв)

Дерново-подзолистые песчаные	4	196,0	25,9
Дерново-подзолистые супесчаные	14	231,0	14,4
Дерново-подзолистые суглинистые	8	197,5	10,7

ет использовать элементы питания удобрений растениями не только в год их внесения, но и последующими культурами; вносить эти удобрения следует с осени, а также в запас на ряд лет (при выращивании многолетних трав, залужении и др.).

Эффективность последствий новых удобрений. Изучение последствий гранулированных органоминеральных удобрений на основе торфа было проведено методом накладки в 11 опытах. В опытах, проведенных в колхозе им. Ломоносова Ляховичского района Брестской области на дерново-подзолистых, средних по плодородию супесчаных почвах, отмечено влияние гранулированных удобрений на урожай льна (вторая культура после внесения удобрений) и заметно прослеживается на урожае овса (третья культура). Средняя прибавка урожая от последствий гранул, выраженная в зерновых единицах, составила соответственно 4,7 и 3,2 ц/га.

Еще более высокое последствие гранулированных удобрений на основе торфа наблюдалось в стационарных опытах на дерново-подзолистых супесчаных почвах на экспериментальной базе «Дукора» Пуховичского района. Суммарный урожай за три года по гранулированным удобрениям составил 167,5, а при внесении эквивалентного количества минеральных туков — 147,7 ц/га зер-

новых единиц. Среднегодовая прибавка урожая достигла 6,6 ц/га зерновых единиц.

Отмечено положительное влияние комплексных гранулированных удобрений на качество картофеля. По данным БелНИИ картофелеводства и плодовоовощеводства, крахмалистость клубней картофеля при внесении таких удобрений была выше по сравнению с минеральными туками, особенно при использовании высоких доз. Так, при внесении в почву 125 кг/га действующего вещества содержание крахмала в клубнях, выращенных с применением гранул, было выше НРК на 0,2—0,6%, при удвоении дозы (250 кг/га НРК) содержание крахмала увеличилось на 0,5—0,6%, а при дозе 375 кг/га НРК — на 1,0—1,3% по сравнению с такой же дозой минеральных удобрений. В условиях применения повышенных доз удобрений под картофель сбор крахмала даже при равных урожаях возрастает на 3,3—3,8 ц/га.

На основании результатов исследований БелНИИ ТОППроектом Министерства топливной промышленности БССР разработано технико-экономическое обоснование промышленного производства комплексных гранулированных удобрений на основе торфа мощностью 50 тыс. т в год. В соответствии с данными ТЭО себестоимость 1 т гранулированных удобрений составит 43—48 руб. при отпускной цене 52—55,5 руб./т. Затраты на строительство цеха при высокой экономической эффективности (1,5—2 млн. руб. в год) окупаются за 1,5—1,8 года.

4.3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА С УТИЛИЗАЦИЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Изучение эффективности комплексных органоминеральных удобрений (КГУ), утилизирующих промышленные и коммунально-бытовые отходы, проводилось БелНИИ почвоведения и агрохимии и Институтом торфа АН БССР. Испытывались КГУ с глиносолевыми шламами (ГШ), применяемые в качестве источника калийного питания растений, и КГУ с фосфогипсом (ФГ), применяемые в качестве источника элемента серы.

Эффективность комплексных гранулированных удобрений с глиносолевыми шламами (КГУгш). В 1976—

1980 гг. в полевых опытах с озимыми (озимая рожь, ячмень), картофелем и сахарной свеклой на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах в хозяйствах Ляховичского района Брестской области и на экспериментальной базе «Дукора» Пуховичского района выполнено 34 опыта, из них с ячменем — 13, озимой рожью — 6, картофелем — 8, сахарной свеклой — 4. Один опыт с сахарной свеклой проведен в Черниговской области Институтом сельскохозяйственной микробиологии.

Изучение последствий удобрений с глиносолевыми шламами проведено в стационарных условиях экспериментальной базы Института торфа АН БССР «Дукора» в 14 полевых опытах.

Почвы опытных участков имели кислотность рН(КСl) 5,5—6,0 и среднюю обеспеченность фосфором и калием. В соответствии с требованиями культур на указанных почвах приготавливались КГУгш с соотношением NPK для зерновых 1:1:1,2, для картофеля 1:1:1,5 и сахарной свеклы 1:1,3:2,1.

Агротехника в опытах соответствовала принятой агроуказаниями. В опытах использовали высокопродуктивные районированные сорта. Оценка эффективности органоминерального гранулированного удобрения проведена по сравнению с тремя контролями: без удобрений, с минеральным эквивалентом гранул (NPK) и полным эквивалентом гранул (удобрения, торф и глиносолевые шламы внесены в виде смеси). Результаты опытов с зерновыми культурами представлены в табл. 39.

Из таблицы видно, что комплексные гранулирован-

Таблица 39

Эффективность комплексных гранулированных удобрений, содержащих глиносолевые шламы (КГУгш) при внесении под зерновые культуры (1976—1980 гг.)

Культура	Количество опытов	Средний урожай на контроле без удобрений, ц/га	Средний урожай на варианте с КГУгш, ц/га	Средняя прибавка от КГУгш, ц/га		
				к контролю без удобрений	к NPK	к эквиваленту гранул
Ячмень	13	26,4	42,8	16,4	2,0	1,9
Озимая рожь	6	20,3	31,1	10,8	2,4	2,8

Эффективность комплексных гранулированных удобрений на основе торфа, содержащих глиносолевые шламы (КГУгш), при внесении под картофель и сахарную свеклу (1976—1980 гг.)

Культура	Количество опытов	Средний урожай на контроле без удобрений, ц/га	Средний урожай от КГУгш, ц/га	Средняя прибавка урожая от КГУгш, ц/га		
				к контролю без удобрений	к NPK	к эквиваленту гранул
Картофель на почвах различного механического состава:						
дерново-подзолистые суглинистые	3	150,0	184,7	34,7	3,2	7,6
дерново-подзолистые супесчаные	5	160,7	247,9	87,2	21,6	21,4
В среднем по двум почвам	8	156,7	224,2	67,6	16,2	20,2
Сахарная свекла	4	236,1	383,2	152,2	64,9	39,7

ные удобрения на основе торфа, содержащие глиносолевые шламы, в качестве источника калийного питания (без хлористого калия) при внесении их под озимую рожь обеспечивали прибавку урожая зерна в пределах 2,4—2,8 ц/га по сравнению со стандартными удобрениями (NPK) и полным эквивалентом гранул. Средняя прибавка урожая ячменя от применения гранул с глиносолевыми шламами по сравнению с минеральным эквивалентом составила 2 ц/га, а по отношению к эквивалентной смеси составляющих гранул — 1,9 ц/га.

Эффективность комплексного гранулированного удобрения КГУгш при внесении под картофель (табл. 40) зависела от механического состава почв: на дерново-подзолистых супесчаных почвах прибавка урожая клубней была значительно выше, чем на других почвах.

Средняя прибавка урожая клубней картофеля от применения КГУгш (по всем опытам) по сравнению со стандартными минеральными удобрениями составила 16,2 ц/га, а в сопоставлении с эквивалентной смесью компонентов, входящих в состав гранул, — 20,2 ц/га. Самая высокая эффективность КГУгш отмечена в опытах с сахарной свеклой. Фоном служил торфонавозный компост.

Средняя прибавка урожая сахарной свеклы (табл. 40) от применения комплексных удобрений, содержащих гли-

носолевые шламы, по сравнению с минеральным эквивалентом была высокой—64,9 ц/га, что указывает на высокую эффективность и большую перспективность использования глиносолевых шламов в составе комплексных гранулированных удобрений на основе торфа в качестве источника питания сахарной свеклы натрием и калием.

Существенная прибавка корней сахарной свеклы (39,7 ц/га) от применения КГУгш по сравнению с порошковой смесью эквивалентного количества элементов, входящих в гранулы, свидетельствует о преимуществе гранулированной формы удобрения.

Удобрения, содержащие глиносолевые шламы, проявили более высокое последствие, чем эквиваленты стандартных удобрений и смеси порошковых компонентов, входящих в состав гранул. В опытах, проведенных на экспериментальной базе «Дукора» в звене севооборота (картофель — овес — 2 года трав), суммарная за 4 года прибавка от применения КГУгш по отношению к минеральному эквиваленту составила 11,4 ц/га зерновых единиц. В звене севооборота картофель — ячмень суммарная прибавка к эквиваленту гранул равнялась 5,6 ц/га зерновых единиц. В опытах, где ячмень высевался по сахарной свекле, среднегодовая прибавка от КГУгш по сравнению с их эквивалентом составила 3,9 ц/га зерновых единиц. В севооборотах же с преобладанием зерновых культур последствие комплексных гранулированных удобрений КГУгш находилось на уровне стандартных удобрений.

В настоящее время можно рекомендовать использование КГУгш на посевах сахарной свеклы и кормовых корнеплодов в БССР и прилегающих свеклосеющих районах Украинской ССР.

Расчет возможного экономического эффекта по результатам опытов с сахарной свеклой показывает, что при прибавке урожая, равной 40 ц/га, стоимость дополнительной продукции составит 176 руб. Расходы на производство 1 т удобрений ориентировочно составляют 30 руб., на уборку дополнительного урожая — около 10 руб.

Стоимость дополнительной продукции при использовании удобрений на площади 25 тыс. га — 4,4 млн. руб., затраты на производство удобрений и уборку урожая — 1,375 млн. руб. Чистый доход с 1 га — 121 руб., на площади 25 тыс. га — 3,025 млн. руб.

Организация промышленного производства нового вида удобрений наряду с непосредственным повышением урожайности сельскохозяйственных культур и прежде всего сахарной свеклы решит проблему утилизации глиносолевых шламов — отходов калийного производства и одновременно будет содействовать решению вопросов охраны природы от загрязнения.

Эффективность комплексных органоминеральных гранулированных удобрений с фосфогипсом (КГУфг). В состав КГУфг входят: торф — до 30%, фосфогипс — до 20% на сухое вещество, остальное количество представлено азотно-фосфорно-калийными удобрениями. Сумма питательных веществ в гранулах с фосфогипсом, изготавливаемых для ячменя при соотношении NPK 1 : 1 : 1,2, составляет 31% (азота 9,7%, фосфора 9,7, калия 11,6%).

Эффективность комплексных гранулированных органоминеральных удобрений с фосфогипсом испытывалась в полевых опытах с зерновыми культурами, картофелем и сахарной свеклой на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах в хозяйствах Ляховичского района Брестской области и на экспериментальной базе Института торфа АН БССР «Дукора» Пуховичского района. В течение 1977—1978 гг. были проведены рекогносцировочные полевые, а в 1979—1981 гг. — полевые опыты. Всего обобщено 25 опытов, из них с ячменем — 12, озимой рожью — 3, картофелем — 7, сахарной свеклой — 3.

Оценка эффективности комплексных органоминеральных удобрений на основе торфа и фосфогипса при внесении под ячмень и картофель проведена в сравнении с тремя контролями: без удобрений, с минеральным эквивалентом гранул и полным эквивалентом гранул. В опытах с озимой рожью и сахарной свеклой контролями служили вариант без удобрений и эквивалент гранул.

Пропашные культуры выращивались на фоне органических удобрений: под картофель вносили 50 т/га, а под сахарную свеклу — 80 т/га торфонавозного компоста.

Как показали проведенные исследования (табл. 41), применение КГУфг позволяет получать более высокие урожаи сельскохозяйственных культур: ячменя — свыше 40 ц/га, сахарной свеклы — более 350, картофеля — более 200 ц/га.

Средняя прибавка урожая ячменя по отношению к минеральному эквиваленту составила 1,8 ц/га, а по сравне-

Таблица 41

Эффективность комплексных гранулированных удобрений на основе торфа, содержащих фосфогипс (КГУфг), при внесении под сельскохозяйственные культуры (1979—1981 гг.)

Культура	Количество опытов	Средний урожай на контроле без удобрений, ц/га	Средний урожай от КГУфг, ц/га	Средняя прибавка урожая от КГУ, ц/га		
				к контролю без удобрений	к НРК	к эквиваленту гранул
Ячмень	12	26,2	42,7	16,5	1,8	1,1
Озимая рожь	3	19,8	27,1	7,3	—	0,7
Сахарная свекла	3	236	368	132	—	49
Картофель	7	153,6	201	47,4	10,3	18,8

Таблица 42

Эффективность комплексных органоминеральных гранулированных удобрений с фосфогипсом (КГУфг) при внесении под ячмень на почвах различного механического состава

Почва	Количество опытов	Средний урожай на контроле без удобрений, ц/га	Средний урожай от КГУфг, ц/га	Прибавка урожая от КГУфг, ц/га		
				к контролю без удобрений	к НРК	к эквиваленту гранул
Дерново-подзолистая супесчаная	4	19,8	34,5	14,7	0,4	0,1
Дерново-подзолистая суглинистая	8	29,5	46,9	17,4	2,1	1,5

нию с полным эквивалентом гранул — 1,1 ц/га. Из полученных результатов видно, что эффективность КГУфг при внесении под ячмень была неодинаковой на почвах различного механического состава (табл. 42).

Эффективность удобрений с фосфогипсом различалась также и в зависимости от уровня урожая ячменя. Это положение можно подтвердить результатами 8 опытов, проведенных на суглинистых почвах. В трех опытах, где средний урожай от гранул достигал всего 39,2 ц/га, прибавка за счет включения фосфогипса составила 0,1 ц/га,

Урожай ячменя в зависимости от способа введения фосфогипса в гранулы (среднее из 4 опытов), ц/га

Вид удобрения	Урожай			Прибавка от гранул с фосфогипсом к минеральному эквиваленту
	на контроле без удобрений	от гранул с фосфогипсом	в варианте с минеральным эквивалентом	
Гранулы, в состав которых входит фосфогипс	30,3	53,5	51,3	2,2
Гранулы, опудренные фосфогипсом	30,3	51,6	51,3	0,3

Таблица 44

Сортовая отзывчивость ячменя на органоминеральные гранулированные удобрения, опудренные фосфогипсом

Сорт ячменя	Урожай			Прибавка урожая к контролю, ц/га	Р, %	НСР _{0,05}
	на контроле, ц/га	от органоминеральных удобрений, ц/га	% к контролю			
Мами	29,1	47,8	164,3	18,7	2,0	1,9
Эльгина	28,2	48,7	172,7	20,5	2,6	2,4
Надя	30,4	54,6	179,6	24,2	2,4	2,6
Фаворит	33,3	55,1	165,5	21,8	3,6	4,0

т. е. отмечена только тенденция к повышению урожая. В остальных пяти опытах, в которых средний урожай от гранул с фосфогипсом достиг 51,4 ц/га, средняя прибавка от включения фосфогипса составила 2,8 ц/га.

В четырех опытах с ячменем параллельно с изучением удобрения, в состав гранул которого входит фосфогипс, было проведено испытание органоминеральных гранул на основе торфа, опудренных фосфогипсом по поверхности. Сравнение полученных данных приведено в табл. 43. Из представленных результатов следует, что поверхностное нанесение фосфогипса на гранулы не повышало эффективности таких удобрений.

В опытах по изучению рецептур органоминеральных удобрений, в том числе и с фосфогипсом, отмечена раз-

личная сортовая отзывчивость ячменя на удобрения. В 1979 г. изучались гранулы при внесении их под ячмень сортов интенсивного типа: Мами, Эльгина, Надя и Фаворит (табл. 44).

Несмотря на нестабильность полученных прибавок урожая озимой ржи, ячменя и картофеля при внесении комплексных гранулированных удобрений с фосфогипсом, организация их производства позволит получить социальный эффект, поскольку утилизация отходов Гомельского химического завода будет способствовать охране окружающей среды, а применение удобрений, как показывают данные БелНИИ почвоведения и агрохимии, улучшит качество продукции растениеводства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современной структуре использования торфа в народном хозяйстве сельскохозяйственное направление и, в частности, применение его в качестве удобрений занимает ведущее место. Удобрения на торфяной основе составляют около 45% всех применяемых в БССР органических удобрений. Повышение их эффективности возможно за счет внедрения новых технологических схем переработки торфа, физико-химической и биохимической активизации органического вещества и азота. Результаты исследований, выполненные в последнее десятилетие, свидетельствуют о широких возможностях повышения эффективности торфяных удобрений. Наряду с совершенствованием традиционных методов производства навоза на торфяной основе разработаны технологии получения торфогуминовых удобрений для приготовления их в стационарных условиях, а также непосредственно в почве при вспашке и культивации.

Дальнейшее развитие исследований в этом направлении позволило создать комплексные органоминеральные удобрения на основе торфа, включающие основные компоненты питания растений в соотношении, соответствующем биологическим особенностям растений и уровню плодородия почвы. Внедрение этих удобрений в практику сельскохозяйственного производства позволит осуществить реальное дифференцированное внесение туков в зависимости от свойств почв и уровня планируемых урожаев.

Новые удобрения дают возможность повысить коэффициент использования минеральных удобрений и существенно сократить расход торфа на удобрение. При этом положительное решение получит проблема охраны окружающей среды — очистки грунтовых вод и вод естественных водоемов от нитратов и других химических веществ удобрений.

Созданы новые виды комплексных органоминеральных удобрений на основе торфа с утилизацией неиспользуемых в настоящее время отходов химической промышленности. Эти удобрения помимо активного органического вещества торфа дополнительно обогащаются макроэлементами и многими жизненно важными для растений микроэлементами. Многие новые виды торфяных удобрений испытаны в различных почвенно-климатических условиях Белорусской ССР с основными сельскохозяйственными культурами.

Разумеется, изложенные пути применения торфа на удобрение не исчерпывают всей проблемы рационального использования торфа в сельском хозяйстве. Предстоят углубление и расширение исследований, новые разработки прогрессивных и экономических органических и органоминеральных удобрений на торфяной основе.

1. *Скоропанов С. Г.* Современные проблемы органических удобрений.— В кн.: Проблемы накопления и использования органических удобрений. Мн., 1976, с. 3—10.
2. *Тюремнов С. Н.* Торфяные месторождения. 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Недра, 1976.—487 с.
3. *Лиштван И. И., Король Н. Т.* Основные свойства торфа и методы их определения.— Мн.: Наука и техника, 1975.—320 с.
4. *Раковский В. Е.* Общая химическая технология торфа.— Л.: Госэнергоиздат, 1949.—363 с.
5. *Ратнер Е. И., Колосов И. И.* Корневое питание растений и новые методы его исследования.— Природа, 1954, № 10, с. 28—35.
6. *Гедройц К. К.* Почвенные коллоиды и поглотительная способность почв.— М., 1955, т. 1.— 560 с.
7. *Никонов Н. П.* Закономерности распределения кислотности в торфяных залежах и некоторые основные свойства торфов.— Тр. ЦТБОС, 1960, т. 1, с. 91—123.
8. *Тишкович А. В.* Взаимосвязь зольности и естественной влажности торфов в залежи.— Тр. Ин-та торфа АН БССР. Мн., 1955, т. 4, с. 266—279.
9. *Тишкович А. В.* Свойства торфа и эффективность его использования на удобрение.— Мн.: Наука и техника. 1978.—152 с.
10. *Ефимов В. Н., Донских И. Н.* Формы и степень аккумуляции калия, натрия, кальция и магния в торфяниках.— В кн.: Природа болот и методы их исследований. М., 1967. с. 161—165.
11. *Прянишников Д. Н.* Избранные сочинения. Агрохимия.— М., 1952, т. 1.—692 с.
12. *Петербургский А. В.* Обменное поглощение в почве и усвоение растениями питательных веществ.— М., 1959.—259 с.
13. *Приемская С. Е.* Содержание и распределение микроэлементов в торфяных залежах низинного типа.— Почвоведение, 1968, № 4, с. 59—68.
14. *Sapek A.* Lead and nickel content in peat soil profiles of the Kuwasy bog. International peat Symposium. Gdansk, 1974.
15. *Ларгин И. Ф.* Водно-минеральный режим торфяных месторождений и их свойства.— Тез. науч.-техн. конф. Калинин. политех. ин-та, 1966, с. 200—201.
16. *Тишкович А. В.* Теория и практика аммонизации торфа.— Мн.: Наука и техника. 1972.—172 с.
17. *Каликинский А. А.* Приемы повышения качества органических удобрений.— Мн.: Ураджай, 1965.—36 с.
18. *Шемпель В. И., Филиппенко И. В.* Органические удобрения — основа повышения плодородия почвы.— В кн.: Плодородие почв

- и пути его повышения в условиях Белоруссии. Мн., 1971, с.38—45.
19. *Назаров С. И., Балахонов С. И., Вороницкий И. А. и др.* Раздельное внесение торфа и жидкого навоза.— Сельское хозяйство Белоруссии, 1975, № 11, с. 25.
 20. *Булганина В. Н. и др.* Совершенствование технологии производства торфоминерально-аммиачных удобрений.— Тр. ВНИИТП, 1977, вып. 39, с. 84—86.
 21. *Юшкевич И. А., Шныриков В. Г.* Эффективность органических удобрений на легких почвах Белоруссии.— Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. сем. «Комплексное использование торфа в сельском хозяйстве». М., 1981, с. 71—76.
 22. *Сиповский Г. В.* Технологический процесс заводского производства высококонцентрированных торфяных удобрений.— В кн.: Торфяные месторождения и их комплексное использование в народном хозяйстве. М., 1970, вып. 30, с. 141—157.
 23. *Мандельбаум А. И. и др.* Промышленное производство торфо-минерально-аммиачных удобрений и торфяной подстилки.— М.—Л.: ГЭИ, 1963, с. 13, 16—17.
 24. *Авдонин Н. С.* Гранулированные удобрения.— М.: Сельхозгиз, 1952.—232 с.
 25. *Юшкевич И. А., Шныриков В. Г., Тикавый В. А.* Как повысить плодородие легких почв.— Мн.: Ураджай. 1981.—176 с.
 26. *Клычников В. М.* Опыт приготовления гранулированных органико-минеральных удобрений.— Советская агрохимия, 1950, № 6, с. 17—21.
 27. *Иванов С. Н.* Использование торфа для грануляции минеральных удобрений.— Весті АН БССР, сер. с.-г. навук, 1961, № 2, с. 41—56.
 28. *Афанасьев Н. И., Русонович А. М., Янович Н. И.* Водный режим супесчаных почв Белоруссии.— Весті АН БССР, сер. с.-г. навук, 1975, № 4, с. 17—21.
 29. *Бракиш Н. А., Долбия М. Я. и др.* Гранулированные органоминеральные удобрения на основе сапропеля.— Тр. Свердловского с-х ин-та. Свердловск, 1968, вып. 17, с. 168—175.
 30. *Сагачэнко Н. Е., Смольянинов С. И.* Технология получения торфо-минеральных гранулированных удобрений.— В кн.: Теоретические основы действия физиологически активных веществ и эффективность удобрений, их содержащих. Днепропетровск, 1970, с. 197—202.
 31. *Шевелуха В. С.* Зерновое поле Белоруссии.— В кн.: Резервы хлебной нивы. Мн., 1978, с. 14—17.
 32. *Басалыга Е., Каликинский А., Янушкевич Б.* Внести удобрения преимущественно ленточным способом.— В кн.: Год борьбы за урожай. Опыт работы колхозов и совхозов Белоруссии в завершающем году девятой пятилетки. Мн., 1976, с. 48—55.
 33. *Ряшенцев К. В., Солопов С. Г. и др.* Технология получения нового торфяного удобрения — гексаторфа.— Торфяная промышленность, 1966, № 7, с. 28—30.
 34. А. с. 512206 (СССР). Способ получения гранулированного удобрения на основе торфа/В. В. Волоханович, И. И. Давыдик и др.— Оpubл. в Б. И., 1976. № 16.
 35. *Бодрова Е. М., Озолина З. Д.* Совместное применение органических и минеральных удобрений.— М.: Госсельхозиздат, 1965.— 144 с.

36. *Балахонов С. И., Дроздова Т. В., Табулина В. П.* Комплексное использование торфа, соломы и жидкого навоза.— В кн.: Проблемы накопления и использования органических удобрений. Мн., 1976, с. 71—79.
37. *Христева Л. А., Гетманец А. Я.* Основы технологии производства и применения концентрированных органоминеральных удобрений.— В кн.: Гуминовые удобрения. Киев, 1968, ч. III, с. 245—257.
38. *Гордон М.* Использование торфа в ФРГ.— Международный конгресс по торфу. Л.: Гостоптехиздат, 1963, с. 19.
39. *Воларович М. П., Лиштван И. И., Чураев Н. В.* Ионный обмен и процессы структурообразования в торфяных системах.— В кн.: Физико-химическая механика почв, грунтов, глин и строительных материалов. Ташкент, 1966, с. 299—310.
40. *Белькевич П. И., Чистова Р. Л.* Ионообменные свойства торфа. Обмен катионов на торфе.— Тр. Ин-та торфа АН БССР. Мн., 1957, т. 6, с. 130—142.
41. *Галактионова А. А.* Сорбция аммиака гуминовыми кислотами торфа.— В кн.: Теоретические основы действия физиологически активных веществ и эффективность удобрений, их содержащих. Днепрпетровск, 1970, с. 180—184.
42. *Иванов С. Н.* Подвижность поглощенных катионов почв в зависимости от степени насыщенности и рода сопутствующих катионов.— Вестн. АН БССР, сер. с.-г. наук, 1950, № 2, с. 63—75.
43. *Малышев Ф. А.* Повышение плодородия почвы легкого механического состава.— В кн.: Повышение плодородия почв легкого механического состава. М., 1975, с. 37—42.
44. *Драгунов С. С., Кузмина А. Д., Шилина А. С.* Гуминовые удобрения. О реакции взаимодействия гуминовых кислот с аммиаком.— ЖПХ, 1938, т. 11, вып. 10—11, с. 1494—1504.
45. *Христева Л. А.* Роль гуминовой кислоты в питании высших растений и гуминовые удобрения.— Тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. М., 1961, т. 38, с. 180—184.
46. *Курбатов И. М.* Влияние торфа и его гуминовых кислот на корневую систему.— Сборник ботанических работ, Белорусское отделение Всесоюзного ботанического общества. Мн., 1960, вып. 2, с. 58—67.
47. *Тишкович А. В., Скоропанов С. Г.* Роль органического вещества торфа в повышении плодородия дерново-подзолистой почвы.— Торфяная промышленность, 1978, № 10, с. 23—26.
48. *Тишкович А. В., Вирясов Г. П.* Рекомендации МСХ БССР, Института торфа АН БССР. Технология аммонизации торфа при внесении его в почву.— Мн., 1978, с. 20.
49. *Матвиенко Н. Д., Усюкевич Г. А.* Влияние процесса аммонизации торфа в почве на ее агрохимические свойства.— В кн.: Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Мн., 1976, с. 71—76.
50. *Вирясов Г. П., Лиштван И. И., Мееровский А. С., Тишкович А. В.* Новые способы приготовления эффективных удобрений на торфяной основе.— Мн.: Наука и техника, 1979.—80 с.
51. А. с. 836004 (СССР). Способ получения органоминерального удобрения / А. В. Тишкович, Г. П. Вирясов и др.— Оpubл. в Б. И., 1981, № 21.
52. *Матвеева В. И., Зенюк Е. В., Переднев В. П., Пшонка Л. Н.* Влияние минеральных и различных видов органических удобрений

- ний на гумусонакопление в почве.— В кн.: Проблема накопления и использования органических удобрений. Мн., 1976, с. 105—113.
53. Кононова М. М. Органическое вещество почвы.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.—314 с.
54. Александрова Л. Н. Гумусовые вещества почвы.— Записки ЛСХИ. Ленинград — Пушкин, 1970, № 142.—234 с.
55. Тишкович А. В., Прасолова Т. Д., Лисицкая Р. В. и др. Комплексные минерально-гуминовые гранулированные удобрения и их эффективность.— В кн.: Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Мн., 1976, с. 87—113.
56. Вирясов Г. П. Гранулирование минерально-гуминовых удобрений.— В кн.: Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Мн., 1976, с. 114—118.
57. Синякевич М. А. Миграция фосфора P^{32} в почве и использование его растением из комплексных минерально-гуминовых гранулированных удобрений.— В кн.: Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Мн., 1976, с. 129—135.
58. Синякевич М. А. Динамика распространения калия K^{41} в почве из очага внесения комплексных минерально-гуминовых гранулированных удобрений.— В кн.: Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Мн., 1976, с. 136—141.
59. Мееровский А. С., Баранникова Е. В. Эффективность органоминеральных гранулированных удобрений.— Мн., БНИИНТИ, 1979, с. 40.
60. Тишкович А. В. и др. Эффективные способы использования торфа на удобрения.— В кн.: Приемы повышения плодородия почв в Белорусской ССР. Мн., 1979, с. 59—65.
61. Шкель М. П., Короленко Ю. М. Влияние фосфогипса на урожай пелюшки, яровой пшеницы и агрохимические свойства почвы.— Тр. БелНИИ земледелия. Мн., 1973, т. 16. с. 100—105.
62. Шугля Э. М. Действие серосодержащих удобрений на урожай картофеля.— Весці АН БССР. сер. с.-г. навук, 1969, № 1, с. 23—27.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Торф и его влияние на свойства почвы . . .	5
1.1. Общетеchnические и агрохимические свойства торфа .	5
1.2. Влияние торфа и торфяных удобрений на свойства и плодородие почв	12
Глава 2. Способы приготовления торфяных удобрений .	21
Глава 3. Способы повышения эффективности использования торфа на удобрение	32
3.1. Аммонизация торфа	32
3.2. Приготовление торфогуминовых удобрений	43
3.3. Аммонизация торфонавозных компостов	53
3.4. Комплексные гранулированные удобрения на основе торфа	55
3.5. Комплексные гранулированные удобрения с использованием промышленных и коммунально-бытовых отходов	70
Глава 4. Применение и эффективность удобрений на основе торфа	75
4.1. Эффективность органических удобрений на основе торфа и соломы	75
4.2. Применение комплексных гранулированных удобрений на основе торфа и их эффективность	84
4.3. Эффективность удобрений на основе торфа с утилизацией промышленных и коммунально-бытовых отходов	89
Заключение	97
Литература	99