

Е. А. ДЕНИСЮК, Р. А. МИТРОФАНОВ, И. А. НОСОВА

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОРФА

**Ключевые слова:** биотопливо, дефицит гумуса, органические удобрения, торф, no-till, электрогидравлическая технология.

**Аннотация.** В статье изложено краткое описание уникальной технологии производства эффективного биоудобрения. Использование технологии на порядок удешевляет производство биоудобрения, для применения в сельском хозяйстве при технологии no-till. Предлагаемая технология может быть использована также при производстве биотоплива и там, где необходимо эффективное измельчение (до микро- и наноразмеров частиц), диспергация и прочее.

Анализ современного состояния и возможных сценариев развития сельскохозяйственного производства подтверждает необходимость проведения комплекса мероприятий по стабилизации и восстановлению сельскохозяйственных угодий, обеспечивающих повышение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, а также улучшение общей экологической обстановки.

То, что происходит сейчас с землей, в частности в России, нельзя назвать ничем иным, как только деградацией. По странной корреляции с убылью населения нашей страны, которая в среднем составляет по 1 млн человек в год, сельскохозяйственные угодья, выбывшие из оборота за последние 15 лет, составили более 15 млн га, т. е. также по 1 млн га в год. Более 56 млн га пашни характеризуются низким содержанием гумуса. Среднегодовой дефицит гумуса в пахотном слое за последние годы в среднем по России составил 0,52 т на га. Вносимые дозы минеральных и органических удобрений не компенсируют потерю (при сборе урожая) питательных веществ почв.

По данным Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации, в последние годы практически во всех субъектах Российской Федерации продолжается тенденция по ухудшению состояния земель. В большинстве из них почвенный покров, особенно сельскохозяйственных угодий, под-

вержен деградации и загрязнению, катастрофически теряет устойчивость к разрушению, способность к восстановлению свойств, воспроизводству плодородия. По минимальным оценкам, в стране за последние пятнадцать лет потеряно 30 млн га продуктивных земель, а ущерб от их прямой потери составляет оценочно 1,5 трлн долл.

Подсчитать экономический ущерб от потери продуктивных земель, используя современные методики, вероятно, возможно и даже с большой степенью достоверности, однако невозможно оценить экологический вред, тем более что его последствия в значительной степени скажутся в будущем. Сложилась ситуация, при которой дальнейшая деградация почв и выбытие продуктивных земель из оборота представляют реальную угрозу национальной безопасности. Решение проблемы в настоящее время требует разработки и принятия государственной экологически обоснованной земельной политики, включающей комплекс правовых, организационных, экономических мер.

В связи с вышеназванными проблемами в основные направления агропродовольственной политики Правительства Российской Федерации на ближайшие годы были внесены существенные корректировки, определяющие необходимость реализации специальной целевой Программы по сохранению и восстановлению плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России<sup>6</sup> (далее – Программа [1, с. 1]).

Повышение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения является естественным условием интенсификации земледелия, способствует росту урожайности, увеличивает ценность земли и имеет важное природоохранное значение.

Таким образом, в настоящее время назрела насущная необходимость:

- освоения современных систем земледелия и землеустройства (в том числе технологии «no-till» с учетом перспективы развития земель сельскохозяйственного назначения;

---

<sup>6</sup> Постановление Правительства РФ от 20.02.2006 № 99 (ред. от 27.12.2012) «О федеральной целевой программе «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006 – 2010 годы и на период до 2013 года».

- проведения комплекса агрохимических мероприятий, направленных на повышение эффективности использования удобрений и мелиорантов в сельском хозяйстве;
- выполнения гидромелиоративных, культуртехнических, противоэрозионных мероприятий и работ по реабилитации нарушенных земель;
- осуществления агролесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий.

Учитывая насущную необходимость освоения современных систем земледелия, проведения комплекса агрохимических мероприятий, направленных на повышение эффективности использования удобрений в сельском хозяйстве, выполнения гидромелиоративных, культуртехнических, противоэрозионных и других мероприятий по реабилитации нарушенных земель, вышеназванная Программа, в частности, предусматривает коренное улучшение земель сельскохозяйственного назначения путем внесения в почву органических удобрений, микроудобрений, торфа и сапропеля.

В свою очередь, учитывая объемы запасов торфа и его доступность, нет достойной альтернативы торфу для крупномасштабного улучшения агротехнических свойств почв.

Отметим, что биологизация и экологизация земледелия является одной из актуальных задач сельскохозяйственного производства, которая может быть решена при использовании биологически активных органических и органоминеральных удобрений на основе торфа, которые также называются гуминовыми препаратами.

Органические вещества торфа состоят из гуминовых и фульво - кислот, битумов, целлюлозы, лигнина, а минеральная часть торфа в основном состоит из кремния, кальция, железа, алюминия и микроэлементов. Органическое вещество торфа и входящие в него гуминовые кислоты в значительной степени определяют плодородие почв, являясь источниками физиологически активных веществ, повышающих процессы жизнедеятельности живых организмов. Однако эти свойства проявляются только после соответствующих процессов разложения органического торфа и перехода ряда его соединений в доступное для усвоения растениями состояние. В природе этот процесс идет крайне медленно, поэтому применение торфа в чистом виде эффективно лишь при очень высоких дозах его внесения в почву, что экономически невыгодно (расходы на добычу, перевозку и внесение очень велики).

Таким образом, задача состоит в том, чтобы «активировать» природный торф, переведя полезную органику и минеральные вещества в

легкодоступную для растений форму. Основу данного процесса «активации», как правило, составляет процесс разрушения целлюлозной и лигнинной оболочки органической клетки, содержащей в себе необходимые полезные вещества. Однако технологически этого добиться не так уж и просто. На данный момент основными технологиями активации являются биохимическая (микробиологическая), термическая ультразвуковая (кавитационная) и электрогидравлическая.

По простоте исполнения, дешевизне и эффективности особо отличается электрогидравлическая технология обработки торфа (в настоящее время незаслуженно забытая и практически не используемая).

Начиная с 1933 года, учеными исследовались явления, возникающие в зоне высоковольтного искрового разряда в жидкой среде. В начальной стадии эти исследования подтвердили существующие данные о том, что такой разряд легко возникает только в диэлектрических жидкостях, а в жидкостях с ионной проводимостью происходит лишь в случаях очень малой длины искрового промежутка и всегда сопровождается обильным газо- и парообразованием.

Механическое воздействие жидкости на объекты, помещенные вблизи канала разряда, получаемого по традиционной схеме с прямым подключением конденсатора на разрядный промежуток в жидкости, практически ничтожно для жидкостей с ионной проводимостью и сравнительно ощутимо лишь в среде жидких диэлектриков. Оно определяется весьма незначительными давлениями внутри парогазового пузыря, возникающего вокруг зоны разряда. Создающиеся в жидкости гидравлические импульсы имеют пологий фронт и значительную длительность протекания, при этом обладают небольшой мощностью.

В связи с этим необходимо было найти условия, в которых действие гидравлических импульсов могло бы быть резко усилено. Для этого требовалось уменьшить толщину парогазовой оболочки и сократить продолжительность разряда, в течение которого она создается. Одновременно необходимо было повысить мощность единичного импульса.

Решить эту задачу оказалось возможным путем разработки принципиальной электрической схемы, которая обеспечила подачу тока на рабочий промежуток в виде короткого импульса при помощи мгновенного «ударного» подключения накопителя энергии [2, с. 31].

С этой целью был введен в электрическую схему формирующий воздушный искровой промежуток, что позволило в жидкостях с ионной проводимостью изменить характер искрового разряда, резко усилить его механическое действие [3, с. 42].

Дополнительный формирующий воздушный промежуток позволяет накапливать заданное количество энергии с импульсной подачей

ее на основной промежутке, значительно сократить длительность импульса и предотвратить возникновение колебательных процессов, создавать крутой фронт импульса, исключая возможность перехода к дуговому разряду, получать при заданном основном межэлектродном промежутке любые из допустимых для используемого источника питания значения тока и напряжения, регулированием длины формирующего промежутка изменять форму импульса и характер разряда на основном рабочем промежутке в жидкости. Именно формирующий промежуток явился обострителем импульса тока, позволившим перейти к напряжениям много большим, чем напряжение пробоя рабочего промежутка в жидкости [4, с. 249–270].

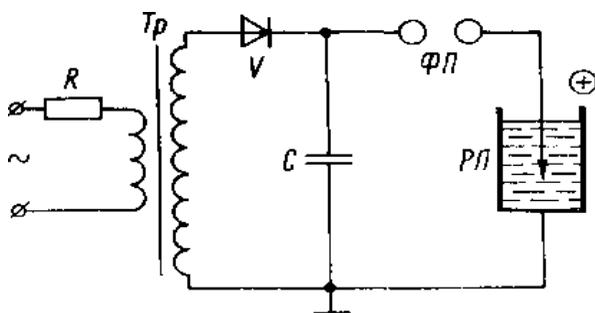


Рисунок 1 – Электрическая схема для воспроизведения ЭГЭ с одним формирующим промежутком: R – зарядное сопротивление; Tr – трансформатор; V – выпрямитель; ФП – формирующий искровой промежуток; РП – рабочий и искровой промежуток в жидкости; С – рабочая емкость – конденсатор

Таким образом, для создания электрогидравлических ударов была предложена схема (рис. 1), включающая источник питания с конденсатором в качестве накопителя электрической энергии. Напряжение на конденсаторе повышается до значения, при котором происходит самопроизвольный пробой воздушного формирующего промежутка, и вся энергия, запасенная в конденсаторе, мгновенно поступает на рабочий промежуток в жидкости, где и выделяется в виде короткого электрического импульса большой мощности. Далее процесс при заданных емкости и напряжении повторяется с частотой, зависящей от мощности питающего трансформатора.

В дальнейшем были предложены и другие схемы, однако формирующий промежуток (в различных его модификациях, например, в

виде игнитрона) применяют во всех современных электрогидравлических силовых установках.

Опытным путем была установлена возможность широкого варьирования параметрами принципиальной электрической схемы, воспроизводящей электрогидравлический эффект. Это дало основание ввести понятие «режим работы» силовой установки, подразумевая под этим значения основных параметров схемы – емкости и напряжения.

Таким образом, были определены три основных режима работы установок:

жесткий –  $U > 50$  кВ;  $C < 0,1$  мкФ;

средний –  $20$  кВ  $< U < 50$  кВ;  $0,1$  мкФ  $< C < 1,0$  мкФ;

мягкий –  $U < 20$  кВ;  $C > 1,0$  мкФ.

Электрогидравлическая обработка обладает многофакторным физико-химическим воздействием на сложные органические структуры и является перспективным методом его активации. Данные методы описаны и запатентованы еще в СССР [5, 6, 7].

Для применения вышеуказанных методов используют электрогидравлические дробилки, входящие как основной агрегат в технологическую линию. Последовательность технологических операций при работе электрогидравлической установки следующая: фрезерный торф, находящийся в загрузочном бункере, подается ленточным транспортером на вибросито, где он просеивается, а затем очищается электромагнитным сепаратором от металлических включений. Интенсивность подачи торфа определяется производительностью вибросита и электрогидравлической дробилки. Просеянный торф подается ленточным транспортером в бак смесителя, куда поступает вода в количестве, регулируемом вентиляющей заслонкой с приводом и определяемом влажностью исходного торфа и заданной консистенцией конечного продукта. Затем торфоводяная смесь поступает в камеру электрогидравлической дробилки, где подвергается воздействию электрогидравлических ударов. Обработанный субстрат-пульпа перекачивается насосом в резервуар.

Все основные технологические операции обработки торфа управляются и контролируются автоматически. В установке предусмотрены пульт дистанционного управления отдельными операциями, а также сигнализация и контроль за режимами работы. Эта технология легла в основу промышленной установки для электрогидравлической обработки торфа с целью получения из него качественного органического удобрения, массы для дражирования семян различных сельскохозяйственных культур и высокодисперсной торфомассы, которая использует-

ся для нанесения на поверхность торфа для предохранения его от выдувания [8].

Электрогидравлически обработанный торф может быть использован в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения, например, для замены части минеральных удобрений, используемых при применении беспашотной технологии no-till, т. к. полученное удобрение может применяться в жидкой форме и не требует вспашки почвы в отличие от природного торфа. Также электрогидравлически обработанный торф может быть использован в микробиологической, бродильной и комбикормовой промышленности.

В отдельных случаях, например, при использовании электрогидравлически обработанного торфа в качестве сырья для бродильной промышленности, после электрогидравлической обработки торф засевают соответствующей микрофлорой, используя при этом эффект «бактериального взрыва» [9].

Исследования, проведенные на пяти видах торфа, показали, что в процессе электрогидравлической обработки торфа происходит его интенсивное диспергирование: содержание в нем частиц размером менее 250 мкм доходит до 80–90 %. Таким образом, описываемый метод обработки и полученный продукт могут быть отнесены практически к разряду нанотехнологий (принято считать, что наночастицами являются частицы размером менее 100 мкм).

Проведенные эксперименты позволили установить, что массовое содержание питательных веществ и микроэлементов в электрогидравлически обработанном торфе резко изменяется в сравнении с исходным в сторону повышения. Так, массовое содержание аммиачного азота возрастает в зависимости от вида торфа в 1,4–4,5 раза, а водорастворимого органического вещества в 1,5–5 раз. Физико-химическими анализами определено, что при электрогидравлической обработке происходит гидролитическое дезаминирование свободных кислот. Экспериментально установлено, что свободное хранение электрогидравлически обработанного торфа при положительных температурах приводит на 10–15-й день хранения к резкому (в 5–10 раз) увеличению массового содержания в нем растворимых соединений азота МН за счет бактериального взрыва.

Это свидетельствует о том, что процессы, инициированные электрогидравлическим эффектом, продолжают еще определенное время и после его прекращения, после чего состояние стабилизируется. Это подтверждается тем, что последующее длительное (3–5 мес.) хранение электрогидравлически обработанного торфа как при отрицательных,

так и при положительных температурах не ухудшает приобретенных им свойств.

Таблица 1 – Результаты исследования по увеличению содержания азота в торфяном удобрении после электрогидравлической обработки

№ место- рождения	NH <sub>4</sub> (азот) на кг. сухого торфа						
	до обра- ботки	после электрогидравлической обработки					
		через 3 – 4 дня		через 14 дней		через 30 дней	
	мг/кг	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
№ 1	23,4	73,6	314,5	760,0	327,9	759,0	3243,6
№ 2	17,3	295,2	1706,4	1115,0	6445,1	1020,0	5898,2
№ 3	40,6	83,8	206,4	211,0	519,7	213,0	524,6

Выполнено в НИИ агропочвоведения Белорусской ССР в 1965 г.

Таким образом, использование электрогидравлически обработанного торфа позволяет значительно снизить потребность в минеральных удобрениях и навозе, улучшить за счет дезодорирующего эффекта санитарно-гигиенические свойства почв и восстанавливаемость гумусного слоя почв, удешевить производство сельхозпродукции.

Электрогидравлически обработанная пульпа (смесь воды с торфом) обладает бактерицидными свойствами, что очень важно при выращивании овощей в закрытых грунтах. Также эффективно может применяться в тепличном хозяйстве и электрогидравлическая стерилизация почвы с одновременным ее удобрением. Большие перспективы имеет также предложенный способ электрогидравлического обогащения торфа, включающий дробление, последовательное отстаивание, сушку и самобрикетирование торфа. Для этого поступающий из месторождения торф подвергается дроблению в обычных или двух-трехступенчатых электрогидравлических дробилках песчаного типа, работающих в непрерывном режиме и выдающих пульпу с частицами не крупнее 1 мм при соотношении торфа и воды не менее чем 1:3. Полученная жидкая пульпа поступает в отстойники-транспортеры, из нижней части которых непрерывно удаляется осевший на дно песок. Затем обогащенная торфом пульпа поступает в другие отстойники, по

дну которых проходит сетчатая транспортерная лента, разделенная на ячейки. По мере заполнения торфом ячеек лента выносит их из ванны, где теряющие воду брикеты под действием сил поверхностного натяжения воды стягиваются и отрываются от стенок формы. Далее транспортер сбрасывает частично сформированные брикеты на транспортер сушки, где брикеты окончательно подсыхают и стягиваются в очень плотные брикеты. Оставшаяся обогащенная электрогидравлической обработкой водоторфопесчаная смесь может эффективно использоваться в качестве удобрения. Эта технология может быть применена при использовании торфа в качестве топлива (биотопливо) в виде торфяных топливных брикетов.

Энергетические затраты на электрогидравлическое дробление и обогащение торфа, по расчетам, не превышают 50–60 кВт на 1 т. Несомненно, эффективна и перевозка обогащенного и брикетированного торфа, заметно сокращается и количество золы при сжигании такого уплотненного торфа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 20.02.2006 № 99 (ред. от 27.12.2012) «О федеральной целевой программе «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006 – 2010 годы и на период до 2013 года».

2. Юткин Л. А. глава «Перспективы применения электрогидравлической обработки» в книге «Новое в электрофизической и электрохимической обработке материалов» М, Л, Машиностроение, 1966 год. 112 с.

3. Юткин Л. А. «Электрогидравлический эффект», Москва, Машгиз, 1955 год, 52 с.

4. Авторское свидетельство № 105011 (СССР), «Способ получения высоких и сверхвысоких давлений» / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова – Заявление № 416898 от 15.04.50. Опубликовано в Бюллетене изобретений, 1957 год, № 1.

5. Авторское свидетельство № 354683 (СССР), «Способ получения удобренной почвы» / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова – Заявление №№ 946809/30-15 от 07.06.63, Опубликовано в Бюллетене изобретений, 1983 год, № 20.

6. Авторское свидетельство № 210190 (СССР), «Способ улучшения удобрительных свойств торфа» / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова – Заявление № 949723/30-15 от 18.01.65, Опубликовано в Бюллетене

изобретений, 1983 год, № 2.

7. Авторское свидетельство № 275028 (СССР), «Способ подготовки торфа для микробиологической, бродильной и комбикормовой промышленности» / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова – Заявление № 1259290/28-13 от 16.07.68, Опубликовано в Бюллетене изобретений, 1983 год, № 18.

8. Авторское свидетельство № 950217 (СССР), «Установка для производства органического удобрения» / Л. А. Юткин, О. Н. Мельникова, Г. К. Лейкина и др. – Заявление № 2918927/30-15 от 30.04.80, Опубликовано в Бюллетене изобретений, 1982 год, № 30.

9. Авторское свидетельство № 211918 (СССР), «Способ повышения содержания в среде, используемой для выращивания растений, азота в усвояемой растениями форме» / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова – Заявление № 1015897/30-15 от 02.07.65, Опубликовано в Бюллетене изобретений, 1983 год, № 1.

## FEATURES OF ELECTROHYDRAULIC PROCESSING OF PEAT

*Keywords: deficiency of a humus, peat, organic fertilizers, no-till, electrohydraulic technology, biofuel.*

*Annotation. The article describe the unique production technology of effective biofertilizer. This technology can much reduce the price of biofertilizer production, particularly for application in agriculture at the no-till technology. The offered technology can be used also for biofuel production and for effective crushing (to micro and nano sizes of particles), and for other things.*

---

**ДЕНИСИУК ЕЛЕНА АЛЕКСЕЕВНА** – заведующая кафедрой механизации переработки продукции животноводства, профессор, кандидат технических наук, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, инженерный факультет ([denelalex@rambler.ru](mailto:denelalex@rambler.ru))

**DENISYK ELENA ALEKSEEVNA** – the chair of mechanization of animal product processing, professor, Cand.Tech.Sci., the honourable teacher of the higher vocational education of the Russian Federation, The Nizhniy Novgorod state agricultural academy, engineering faculty ([denelalex@rambler.ru](mailto:denelalex@rambler.ru))

---

**МИТРОФАНОВ РОМАН АЛЕКСЕЕВИЧ** – соискатель ученой степени ([ramitr@rambler.ru](mailto:ramitr@rambler.ru))

**MITROFANOV ROMAN ALEKSEEVICH** – competitors of scientific degrees ([ramitr@rambler.ru](mailto:ramitr@rambler.ru))

**НОСОВА ИРИНА АНАТОЛЬЕВНА** – доцент кафедры механизации переработки продукции животноводства, кандидат технических наук, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, инженерный факультет ([nosovair@rambler.ru](mailto:nosovair@rambler.ru))

**NOSOVA IRIINA ANATOLEVNA** – dozent of the chair of mechanization of animal product processing, Cand.Tech.Sci., The Nizhniy Novgorod state agricultural academy, engineering faculty ([nosovair@rambler.ru](mailto:nosovair@rambler.ru))

---