

УДК 633.34:631

DOI 10.48612/vch/t5af-t6fk-nmla

**ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА И СПОСОБ ЕЕ РАБОТЫ****Р. Р. Хузина<sup>1)</sup>, М. М. Нафиков<sup>1)</sup>, С. Г. Смирнов<sup>1,2)</sup>, М. М. Нафиков<sup>1)</sup>, Л. Г. Шашкаров<sup>3)</sup>**<sup>1)</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420008, г. Казань, Российская Федерация<sup>2)</sup>Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса  
420059, г. Казань, Российская Федерация<sup>3)</sup>Чувашский государственный аграрный университет  
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация

**Аннотация.** Сущностью является устройство для обеззараживания куриного помета холодной атмосферной воздушной плазмой, содержащее загрузочный бункер, винтовой транспортер с корпусом, нижней и верхней опорами, вентилятор, соединительный патрубок, ионизатор, электродвигатель, цепная передача; при этом ионизатор содержит генератор постоянного тока с выходным напряжением 30 кВ и плазмотрон постоянного тока; при этом вентилятор соединен с ионизатором с помощью соединительного патрубка; при этом ионизатор жестко соединен с корпусом винтового транспортера; при этом цепная передача жестко размещена на зубчатых звездочках с возможностью обеспечения вращения винтового транспортера; при этом нижняя опора винтового транспортера размещена на днище корпуса винтового транспортера и выполнена из герметичного подшипника, а верхняя опора винтового транспортера закреплена на корпусе винтового транспортера с помощью подшипника, который жестко соединен с осью винтового транспортера. Способ использования устройства заключается в том, что куриный помет подают в загрузочный бункер, а затем на винтовой транспортер; одновременно на винтовой транспортер через плазмотрон постоянного тока ионизатора посредством вентилятора подают холодную атмосферную воздушную плазму, которая под избыточным давлением перемещается по внутреннему объему винтового транспортера в направлении вверх и вниз соответственно к продольной оси вращающегося винтового транспортера, обеспечивая тем самым интенсивную обработку и перемешивание куриного помета; при этом напряжение на электроде генератора постоянного тока ионизатора составляет 30 кВ с возможностью обеспечения одновременного обезвоживания и обеззараживания куриного помета путем воздействия холодной атмосферной воздушной плазмой.

**Ключевые слова:** атмосферная плазма, куриный помет, органическое удобрение, экология.

**Введение.** Куриный помет является ценным органическим удобрением. Но вместе с тем имеются проблемы с его хранением и утилизацией.

В трудах многих ученых приведены способы применения холодной атмосферной воздушной плазмы для обеззараживания преимущественно куриного помета. При этом применение плазмы возможно также и для переработки отходов жизнедеятельности крупного рогатого скота, овец и коневодства.

Плазма – это ионизированный газ, одно из четырех классических агрегатных состояний вещества.

Куриный помет часто используют в качестве удобрения, поэтому немаловажным является отсутствие в его составе патогенных микроорганизмов. Для уничтожения патогенных микроорганизмов известны разнообразные методы обеззараживания куриного помета.

Для использования в качестве удобрения его необходимо привести к предельно допустимым концентрациям (ПДК) по содержанию бактерий группы кишечной палочки (БГКП), сальмонелл, яиц и личинок гельминтов, аммиака, к максимальному содержанию загрязняющего вещества в компонентах окружающей среды, при постоянном контакте с которым в течение длительного времени не возникает негативных последствий в организме человека или другого рецептора.

Содержание сальмонелл, которые являются причиной большого количества заболеваний у человека, в том числе и брюшного тифа, в курином помете не допускается. Заболевание, которое вызывается бактериями из рода сальмонелл, принято называть сальмонеллезом.

Серьезный дискомфорт человеку и животным создают гельминты, многоклеточные организмы, которые ведут паразитический образ жизни.

Для обеззараживания куриного помета в настоящее время используют такие методы как:

- в сушилках барабанного типа из птичьего помета получают гранулы при термической сушке помета в сушилках;
- изготовление удобрения из птичьего помета путем смешивания его с карбамидформальдегидной пеной;
- стерилизация птичьего помета в электромагнитном поле и получение гранулированного удобрения;
- обезвоживание птичьего помета разбавлением сырого помета до влажности не менее 94 % и последующее механическое фильтрование;
- обеззараживание с помощью ворошителя-погрузчика.

В то же время известные методы не могут обеспечить полное обеззараживание куриного помета от патогенов вследствие низкой эффективности при использовании их по назначению.

В настоящее время выявлено много способов обеззараживания куриного помета с использованием различных биологических агентов.

Но эти способы обеззараживания куриного помета имеют существенные недостатки, а именно:

- эти методы не обеспечивают полную стерильность органического удобрения, а также не решают проблему всхожести семян сорных растений;
- использование бентонитовых глин приводит к удорожанию себестоимости производства;
- высокая энергозатратность стерилизации бентонитовых глин и необходимость иметь для стерилизации специальное оборудование;
- использование природного минерала бишофита сульфатного требует дополнительного оборудования, что приводит к удорожанию себестоимости производства;
- механическое фильтрование требует дополнительного оборудования и высокое потребление энергоресурсов;
- использование инертных газов приводит к загрязнению экологической среды и существенному удорожанию себестоимости производства;
- использование лазерного излучения требует дополнительных энергозатрат;
- использование природного сорбента глауконита ведет к увеличению себестоимости к удорожанию себестоимости производства.

**Результаты исследований и обсуждение.** Разработка устройства для обеззараживания куриного помета холодной атмосферной воздушной плазмой является результатом проведенной научно-исследовательской работы, которая отличается тем, что:

- 1) конструкции разработанного устройства при эксплуатации не требует больших затрат;
- 2) оно обладает меньшей энергозатратностью;
- 3) снижаются техническая и технологическая сложности, что приводит к существенному снижению стоимости оборудования.

При этом в получаемом курином помете после обработки плазмой патогенные микроорганизмы отсутствуют.

Куриный помет на выходе из устройства соответствует требованиям «Ветеринарно-санитарных правил подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инфекционных и инвазионных болезнях животных и птицы» (утв. Минсельхозпродом РФ 04.08.1997 № 13-7-2/1027) [1].

Газоразрядная низкотемпературная плазма содержит различные заряженные (ионы и электроны), нейтральные (молекулы и атомы) частицы и продукты активации плазмохимических реакций, рентгеновское и ультрафиолетовое излучение. Плазма может окислять различные микроорганизмы и разрушать не только их оболочки, но и ДНК вирусов и бактерий. Оставаясь при этом холодной такая плазма не разрушает теплочувствительные материалы, что дает возможность ее широкого использования в качестве сильного стерилизатора.

Газоразрядный метод в отличие от традиционного способа стерилизации обладает целым рядом отличительных преимуществ.

Так, изначально холодные температуры дают возможность стерилизовать теплочувствительные материалы. Кроме того, большой спектр агентов, которые включает в себя плазма с газовым разрядом (заряженные частицы, нейтралы, разнообразные продукты активации плазмохимических реакций, рентгеновское и ультрафиолетовое излучение, электромагнитные поля), дает возможность сократить время воздействия на куриный помет, что приводит к экономии энергоресурсов.

Принцип работы устройства по обеззараживанию птичьего помета холодной атмосферной плазмой представлен далее.

Куриный помет подают в загрузочный бункер 1.

Из загрузочного бункера 1 подают на винтовой транспортер 2.

Одновременно в винтовой транспортер 2 через плазмотрон постоянного тока ионизатора 5 посредством вентилятора 3 подают холодную атмосферную воздушную плазму, которая под избыточным давлением перемещается по внутреннему объему винтового транспортера 2 в направлении вверх и вниз соответственно к продольной оси вращающегося винтового транспортера 2, обеспечивая тем самым интенсивную обработку и перемешивание куриного помета.

При этом напряжение на электроде генератора постоянного тока ионизатора 5 составляет 30 кВ с возможностью обеспечения одновременного обезвоживания (сушки) и обеззараживания куриного помета путем воздействия холодной атмосферной воздушной плазмой [2].

В конструкции возможно использование:

- транспортера шнекового ТШ-100/1У-2;
- электродвигателя – ТМ БЭЗ АИР 63В4 IM1081 0,37 кВт, 1500 об/мин 34606;
- плазмотрона РТ-31 Varteg;
- генератора высокого напряжения СКАТ-70М [3], [4], [5], [6].

На рисунке представлено заявленное устройство в соответствии с описанной выше конструкцией.

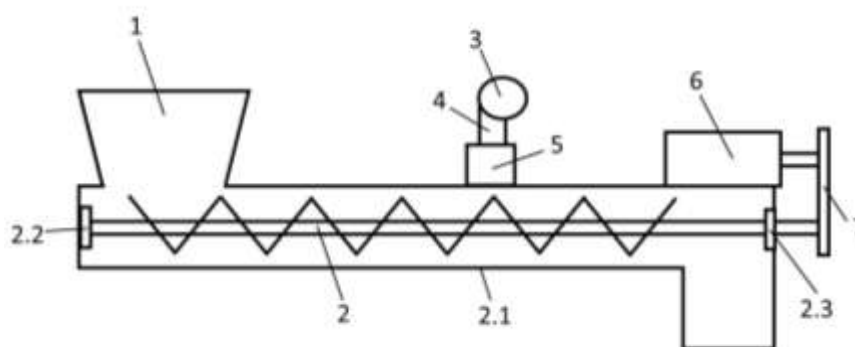


Рис. Устройство для обеззараживания куриного помета холодной атмосферной воздушной плазмой и способ его использования

Куриный помет в качестве образца был взят из птицефермы, где куры содержатся без подстилки, с целью проведения измерений его показателей.

Результаты, полученные после обработки куриного помета на разработанном устройстве описанным способом холодной атмосферной воздушной плазмой, показаны в таблице.

Таблица – Результаты обеззараживания куриного помета холодной атмосферной воздушной плазмой

Показатели	До очистки	После очистки	Норматив
БГКП, КОЕ/г	$1,0 \times 10^7$	не обнаружено	–
<i>Salmonella</i> , КОЕ/г	$1,3 \times 10^7$	не обнаружено	–
<i>Staphylococcus sp.</i> , КОЕ/г	$3 \times 10^2$	не обнаружено	–
<i>Streptococcus sp.</i> , КОЕ/г	$5 \times 10^3$	не обнаружено	–
Яйца и личинки гельминтов, экз./г	не обнаружено	не обнаружено	–
Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	42	2	ПДК = 0,4 мг/м <sup>3</sup>

Установлено, что:

- бактерий группы кишечной палочки после обработки не обнаружено;
- сальмонеллы после обработки не обнаружены;
- яиц и личинок гельминтов после обработки не обнаружено;
- содержание аммиака уменьшилось с 42 мг/м<sup>3</sup> до 2 мг/м<sup>3</sup>, соответствует ПДК-диапазону.

**Выводы.** На основании проведенных исследований нами для обеззараживания куриного помета разработано эффективное устройство для обеззараживания куриного помета холодной атмосферной воздушной плазмой.

На разработанном нами устройстве показатели состава куриного помета после обработки холодной атмосферной воздушной плазмой соответствуют ПДК по содержанию бактерий группы кишечной палочки (БГКП), сальмонелл, яиц и личинок гельминтов, аммиака.

#### Литература

1. Ветеринарно-санитарные правила подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инфекционных и инвазионных болезнях животных и птицы (утв. Минсельхозпродом РФ 04.08.1997 N 13-7-2/1027). – URL: [https://guv.tatarstan.ru/file/pub/pub\\_852789.pdf](https://guv.tatarstan.ru/file/pub/pub_852789.pdf). (дата : обращения 20.08.24.). – Текст : электронный.
2. Влияние обработки семян биофизическим методом на всхожесть и фитосанитарное состояние / М. М. Нафиков, Р. Р. Хузина, М. М. Нафиков [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(24). – С. 14-20. – DOI 10.48612/vch/h9a9-rdze-1rev. – EDN MPLGUI.
3. <https://satom.ru/p/1162996952-transporter-shnekovyy-tsh-100-1u-2/>
4. <https://kazan.vseinstrumenti.ru/product/elektrodvigatel-tm-bez-air-63b4-im1081-0-37-kvt-1500-ob-min-34606-2199499/>
5. <https://www.vseinstrumenti.ru/rashodnie-materialy/instrument/dlya-svarochnyh-rabot/dlya-plazmennoy-rezki/plazmotrony-gorelki/varteg/6296/>
6. <https://www.electronpribor.ru/catalog/2/skat-70m.htm>

## Сведения об авторах

1. **Хузина Роза Рифатовна**, аспирант кафедры биомедицинской инженерии и искусственного интеллекта в биотехнических системах, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Республика Татарстан, Россия; e-mail: khuzinaroza@yandex.ru, тел. +7-917-279-28-06.

2. **Нафиков Макарим Махасимович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии и искусственного интеллекта в биотехнических системах, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Республика Татарстан, Россия; e-mail: Nafikov\_Makarim@mail.ru, тел. +7-927-430-59-79.

3. **Смирнов Сергей Геннадьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой предпринимательства и управления бизнесом, Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 8, Республика Татарстан, Россия; e-mail: ssg75@mail.ru, тел. +7-917-920-38-09.

4. **Нафиков Мансур Макаримович**, магистрант кафедры биомедицинской инженерии и искусственного интеллекта в биотехнических системах, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Республика Татарстан, Россия; e-mail: Nafikov\_Makarim@mail.ru, тел. +7-927-430-59-79.

5. **Шашкаров Леонид Геннадьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: leonid.shashkarow@yandex.ru, тел. +7-937-958-12-20.

## THE USE OF COLD ATMOSPHERIC PLASMA FOR DISINFECTION OF CHICKEN MANURE AND THE WAY IT WORKS

**R. R. Khuzina<sup>1)</sup>, M. M. Nafikov<sup>1)</sup>, S. G. Smirnov<sup>1,2)</sup>, M. M. Nafikov<sup>1)</sup>, L. G. Shashkarov<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Kazan (Volga Region) Federal University  
420008, Kazan, Russian Federation

<sup>2)</sup>Tatar Institute of Retraining of Agribusiness Personnel  
420059, Kazan, Russian Federation

<sup>3)</sup>Chuvash State Agrarian University  
428003, Cheboksary, Russian Federation

**Abstract.** The essence is a device for disinfecting chicken manure with cold atmospheric air plasma, containing a loading hopper, a screw conveyor with a housing, lower and upper supports, a fan, a connecting pipe, an ionizer, an electric motor, a chain transmission; in this case, the ionizer contains a DC generator with an output voltage of 30 kV and a DC plasma torch; in this case, the fan is connected to ionizer by means of a connecting pipe; in this case, the ionizer is rigidly connected to the housing of the screw conveyor; in this case, the chain drive is rigidly mounted on toothed sprockets with the possibility of ensuring rotation of the screw conveyor; in this case, the lower support of the screw conveyor is placed on the bottom of the screw conveyor housing and is made of a sealed bearing, and the upper support of the screw conveyor is fixed to the screw conveyor housing using a bearing that is rigidly connected to the axis of the screw conveyor. The method of using the device is that chicken manure is fed into a loading hopper, and then onto a screw conveyor; at the same time, cold atmospheric air plasma is fed to the screw conveyor through a DC ionizer plasma torch by means of a fan, which, under excessive pressure, moves along the internal volume of the screw conveyor in the up and down direction, respectively, to the longitudinal axis of the rotating screw conveyor, thereby ensuring intensive processing and mixing of chicken manure; at the same time, the voltage at the electrode of the ionizer DC generator is 30 kV with the possibility of simultaneous dehydration and disinfection of chicken manure by exposure to cold atmospheric air plasma.

**Keywords:** atmospheric plasma, chicken manure, organic fertilizer, ecology.

### References

1. "Veterinarno-sanitarnye pravila podgotovki k ispol'zovaniyu v kachestve organicheskikh udobrenij navoza, pometa i stokov pri infekcionnyh i invazionnyh boleznyah zhivotnyh i pticy" (utv. Minsel'hozprodrom RF 04.08.1997 N 13-7-2/1027) [https://guv.tatarstan.ru/file/pub/pub\\_852789.pdf](https://guv.tatarstan.ru/file/pub/pub_852789.pdf)
2. Vliyanie obrabotki semyan biofizicheskim metodom na vskhozhest' i fitosanitarnoe sostoyanie / M. M. Nafikov, R. R. Huzina, M. M. Nafikov [i dr.] // Vestnik CHuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 1(24). – S. 14-20. – DOI 10.48612/vch/h9a9-rdze-1rev. – EDN MPLGUI.
3. <https://satom.ru/p/1162996952-transporter-shnekovyy-tsh-100-1u-2/>
4. <https://kazan.vseinstrumenti.ru/product/elektrovdigatel-tm-bez-air-63b4-im1081-0-37-kvt-1500-ob-min-34606-2199499/>
5. <https://www.vseinstrumenti.ru/rashodnie-materialy/instrument/dlya-svarochnyh-rabot/dlya-plazmennoy-rezki/plazmotrony-gorelki/varteg/6296/>
6. <https://www.electronpribor.ru/catalog/2/skat-70m.htm>

***Information about authors***

1. ***Khuzina Roza Rifatovna***, Postgraduate student of the Department of Biomedical Engineering and Artificial Intelligence in Biotechnical Systems, Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 18, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: khuzinaroza@yandex.ru, tel. +7-917-279-28-06.

2. ***Nafikov Makarim Makhasimovich***, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering and Artificial Intelligence in Biotechnical Systems, Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 18, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: Nafikov\_Makarim@mail.ru, tel. +7-927-430-59-79.

3. ***Smirnov Sergey Gennadievich***, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Entrepreneurship and Business Management, Tatar Institute of Retraining of Agribusiness Personnel, 420059, Kazan, Orenburg tract, 8, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: ssg75@mail.ru, tel. +7-917-920-38-09.

4. ***Nafikov Mansur Makarimovich***, Graduate student of Biomedical Engineering and Artificial Intelligence in Biotechnical Systems, Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 18, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: Nafikov\_Makarim@mail.ru, tel. +7-927-430-59-79.

5. ***Shashkarov Leonid Gennadievich***, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Plant Growing, Selection and Seed Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: leonid.shashckarow@yandex.ru, tel. +7-937-958-12-20.