

Научная статья

УДК 631.334

EDN SIDMLN

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_2\_81

## Технологические подходы к совершенствованию системы машин для производства и применения органических удобрений в аграрном секторе

Анатолий Михайлович Бондаренко<sup>1</sup>, Людмила Сергеевна Качанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, Ростовская область, Зерноград, Россия

<sup>2</sup> Российская таможенная академия, Московская область, Люберцы, Россия

<sup>1</sup> [bondanmih@rambler.ru](mailto:bondanmih@rambler.ru), <sup>2</sup> [l.kachanova@customs-academy.ru](mailto:l.kachanova@customs-academy.ru)

**Аннотация.** Проведен анализ состояния почвенных ресурсов в органическом аграрном производстве и систем их восстановления. Выявлены семь факторов, влияющих на почвенное плодородие с позиции его восстановления и повышения: применение сидератов, органических удобрений, систем точного земледелия; выполнение научно обоснованных зональных севооборотов; техногенное воздействие машин и оборудования на пахотный слой земель; использование новых сортов зерновых культур с учетом зональных особенностей; управление технологическими процессами восстановления и повышения почвенного плодородия. Подробное внимание уделено рассмотрению и разработке технологий переработки жидкого навоза и производству на его основе высококачественных жидких и твердых концентрированных органических удобрений (КОУ) с использованием биологически активных добавок (БАД). Обоснованы принципы построения системы машин для восстановления почвенных ресурсов. Приведены технологические характеристики базовых машин для производства твердых КОУ: мобильной установки для локальной обработки жидкого навоза производительностью до 45 м<sup>3</sup>/ч по исходному навозу; ворошителя буртов с оборудованием для дозирования внесения БАД производительностью до 400 т/ч; машины для внесения твердых КОУ с пневмоцентробежным распределяющим рабочим органом для их поверхностного внесения с дозами до 4 т/га. Базовой машиной для подготовки и внесения жидких КОУ является мобильный агрегат на базе машин типа МЖТ с автономным оборудованием для перемешивания БАД с жидким навозом и жидкой фракцией навоза, и внесения с дозами от 1 до 4 т/га. Применение жидких и твердых КОУ с малыми дозами внесения позволяет не только улучшить состояние продукционного слоя почвы по биохимическим показателям, но и окупить затраты на их производство получаемой прибавкой зерновых и кормовых культур.

**Ключевые слова:** технология, система машин, почвенные ресурсы, органическое аграрное производство, переработка навоза, технологические процессы, концентрированные органические удобрения, биологически активная добавка, мобильный агрегат

**Для цитирования:** Бондаренко А. М., Качанова Л. С. Технологические подходы к совершенствованию системы машин для производства и применения органических удобрений в аграрном секторе // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 2. С. 81–91. doi: 10.22450/19996837\_2023\_2\_81.

Original article

## Technological approaches to improving the system of machines for the production and application of organic fertilizers in the agricultural sector

Anatoliy M. Bondarenko<sup>1</sup>, Lyudmila S. Kachanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Azov-Black Sea Engineering Institute – Branch of Don State Agrarian University Rostov region, Zernograd, Russia

<sup>2</sup> Russian Customs Academy, Moscow region, Lyubertsy, Russia

<sup>1</sup> [bondanmih@rambler.ru](mailto:bondanmih@rambler.ru), <sup>2</sup> [l.kachanova@customs-academy.ru](mailto:l.kachanova@customs-academy.ru)

**Abstract.** The analysis of the state of soil resources in organic agricultural production and systems of their restoration is carried out. Seven factors affecting soil fertility from the point of view of its restoration and improvement have been identified: the use of siderates, organic fertilizers, precision farming systems; the implementation of scientifically based zonal crop rotations; the technogenic impact of machinery and equipment on the arable layer of land; the use of new varieties of grain crops taking into account zonal features; the management of technological processes for restoring and increasing soil fertility. Detailed attention is paid to the consideration and development of technologies for the processing of liquid manure and the production on its basis of high-quality liquid and solid concentrated organic fertilizers (COE) using biologically active additives (dietary supplements). The principles of constructing a system of machines for the restoration of soil resources are substantiated. The technological characteristics of the basic machines for the production of solid manure are given: a mobile installation for the local treatment of liquid manure with a capacity of up to 45 m<sup>3</sup>/h for the initial manure; a shoulder agitator with equipment for dosing the application of dietary supplements with a capacity of up to 400 t/h; a machine for the introduction of solid COE with a pneumocentric distributing working body for their surface application with doses up to 4 t/ha. The basic machine for the preparation and application of liquid COE is a mobile unit based on the LFM type with autonomous equipment for mixing dietary supplements with liquid manure and liquid fraction of manure and application with doses from 1 to 4 t/ha. The use of liquid and solid COE with small doses of application allows not only to improve the condition of the productive soil layer according to biochemical parameters, but also to recoup the costs of their production with the resulting addition of grain and fodder crops.

**Keywords:** technology, machine system, soil resources, organic agricultural production, manure processing, technological processes, concentrated organic fertilizers, biologically active additive, mobile unit

**For citation:** Bondarenko A. M., Kachanova L. S. Tekhnologicheskie podkhody k sovershenstvovaniyu sistemy mashin dlya proizvodstva i primeneniya organicheskikh udobrenii v agrarnom sektore [Technological approaches to improving the system of machines for the production and application of organic fertilizers in the agricultural sector]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 2: 81–91 (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_2\_81.

**Введение.** Технологический суверенитет государства основывается на применении отечественных технологий и технических средств для их реализации в стратегически важных отраслях народного хозяйства. Такой отраслью является агропромышленный комплекс страны, от развития которого зависит достижение продовольственной независимости и обеспечение экономической безопасности. Основным средством производства в аграрном секторе является почва.

В России из 191 млн. га пашни более 41 млн. га подвержены водной и ветровой эрозии, что способствует недополучению зерна более 20 млн. тонн в год [1, 2].

В этой связи разработка технологий и совершенствование системы машин с новыми техническими решениями являются важной проблемой, представляющей научный и практический интерес, решение которой позволит стабилизировать продовольственную безопасность государства.

**Материалы и методы исследования.** Анализ систем восстановления почвенных ресурсов в России и за рубежом показал, что имеется множество частных решений данного вопроса, выражающихся в разработке технологий и отдельных технических средств для их реализации [1–7]. Однако все они носят разрозненный характер и, как правило, не имеют эффективного механизма управления технологическими процессами и отдельными операциями на разных этапах (уровнях) их реализации.

Основой сохранения почвенных ресурсов является контроль и управление почвенным плодородием, которое зависит от множества управляемых и неуправляемых воздействий (факторов). Восстановление и повышение почвенного плодородия возможно при реализации ряда мероприятий, включающих семь базовых блоков (рис. 1).

*Блок 1 – сидераты.* Роль сидеральных удобрений существенно возросла в связи с недостаточными объемами производимых органических удобрений по причине резкого снижения поголовья животных. К примеру, в Ростовской области в 1989 г. производилось до 32 млн. тонн органических удобрений, а в 2019 г. – около 3,6 млн. тонн. Для того, чтобы в полной мере использовать вегетационный период, целесообразно осуществлять прямой посев сидеральных культур одновременно с уборкой урожая зерновых культур. За вре-

мя, необходимое для подготовки полей к осеннему севу, сидеральные культуры набирают достаточную массу и являются эффективным зеленым удобрением.

*Блок 2 – органические удобрения.* Здесь подразумевается технология органического земледелия, которая предусматривает производство и внесение концентрированных органических удобрений с использованием побочной продукции растениеводства, животноводства (навоз крупного рогатого скота и свиней) и птицеводства [8]. Одновременно предусматривается приготовление высокоэффективных биологически активных добавок, которые в смеси с органическими отходами ускоряют процесс приготовления КОУ. После внесения КОУ в продукционный слой почвы существенно повышается ее энергетический ресурс, ускоряются процессы восстановления почвенного плодородия путем повышения содержания гумуса в почве [9–12].

*Блок 3 – системы точного земледелия.* Установлено, что в границах целого поля имеются значительные колебания (до 300 %) основных элементов питания растений – азота, фосфора и калия. Избыток, как и недостаток питательных веществ отрицательно сказываются на эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе на качестве зерна. В настоящее время разработаны системы картографирования пахотного слоя почвы



**Рисунок 1 – Блок-схема восстановления и повышения почвенного плодородия**  
**Figure 1 – Block diagram of restoration and improvement of soil fertility**

по основным элементам питания, устанавливаемые на машинно-технологические агрегаты с системами дозированного внесения удобрений. Этот вариант технологически не требует применения космического управления процессом [10].

Вариант дозированного внесения КОУ или туков позволяет установить вынос питательных веществ в почву по урожайности сельскохозяйственных культур в процессе их уборки. Для этого в бункере комбайна устанавливаются датчики, фиксирующие в динамике колебания урожайности, которые постоянно передаются на бортовой компьютер в кабине комбайнера. На основе полученной информации строится картограмма поля по урожайности, которая коррелирует с содержанием (выносом) прежде всего азота. Далее, в соответствии с построенной картой поля, другое техническое средство, оснащенное дозирующими устройствами, вносит недостающие элементы питания, дозированные по траектории движения и по ширине захвата с учетом шага квантования.

Оба варианта перспективного машинного обеспечения разработаны на уровне опытных образцов с соответствующими технологиями в России.

*Блок 4 – зональные севообороты.* Одним из важнейших элементов сохранения почвенного плодородия является соблюдение научно-обоснованных зональных севооборотов (например, для Ростовской области 10-польный севооборот; для Краснодарского и Ставропольского краев соответственно 12-ти и 9-ти польные севообороты). Научно-обоснованное чередование культур на каждом участке севооборота предотвращает накопление паразитов, сорной растительности и способствует восстановлению почвенного плодородия.

*Блок 5 – техногенное воздействие на почву технологических машин и орудий в процессе выполнения сельскохозяйственных работ,* которые определяют экологическую сбалансированность процессов возделывания сельскохозяйственных культур в зональных севооборотах в связи с воздействием ходовых систем энергомашин на продукционный (пахотный) слой почвы. Проведенными исследованиями установлено, что использование на сельскохозяйственных работах колес-

ных тракторов (например, 12-ти тонный К-701) снижает урожайность по колее до 35 % [10].

Тракторная техника с большой движущейся массой создает распределенное давление на почву на глубину до одного метра, что разрушает взаимодействие почвенной и атмосферной влаги, приводя к засухам в зонах засушливого и рискованного земледелия. Повышенное буксование колесных тракторов приводит к перетиранию почвенных агрегированных соединений, способствует усилению ветровой эрозии и ухудшает структуру почвы. Альтернативой колесным тракторам при выполнении полевых работ являются гусеничные мобильные средства (МЭС) пятого поколения классов 3, 5, 6 и 8.

*Блок 6 – оптимальные сорта и гибриды злаковых и других культур применительно к зональным севооборотам.* Для этой цели рекомендуется в каждой зоне зернопроизводящих регионов иметь стационары, которые позволяют осуществлять непрерывный мониторинг агроценоза, чтобы своевременно проводить сортомену, обрабатывать сортовую агротехнику, определять технико-эксплуатационные параметры производственных процессов, применять более эффективные удобрения с повышенной интенсивностью воздействия на почву и эффективность агроценозов.

*Блок 7 – управление технологическими процессами восстановления и повышения почвенного плодородия.* Отсутствие контроля за состоянием почвенного плодородия на землях сельскохозяйственного назначения привело к ускорению их деградации и снижению урожайности выращиваемых культур. Поэтому управление перечисленными выше операциями по восстановлению и повышению почвенного плодородия является важным элементом рассматриваемой блок-схемы.

**Результаты исследования.** Важнейшим элементом восстановления почвенного плодородия является применение органических удобрений, основным сырьем для производства которых являются навоз животноводческих предприятий и помет птицефабрик. На указанных предприятиях, в зависимости от технологий содержания животных и птицы, произ-

водятся жидкий, полужидкий и твердый (подстилочный) навоз [10].

Свежий навоз, с одной стороны, представляет прямую угрозу окружающей среде, так как содержит большое количество патогенной микрофлоры, что требует соблюдения технологий его обеззараживания и последующей переработки. С другой стороны, в навозе (помете) содержатся питательные элементы (в первую очередь, азот, фосфор и калий), необходимые почве для восстановления ее ресурса.

Из разработанных в настоящее время нормативов по обеззараживанию, накоплению и хранению навоза (помета), наиболее дорогостоящими и энергоемкими являются технологии переработки жидкого навоза [13]. При этом жидкий навоз накапливается в лагунах, где производится его естественное обеззараживание в течение 12 месяцев, и представляет прямую угрозу загрязнения окружающей среды и подпочвенных вод в местах его хранения.

В этой связи требуется совершенствование технологий переработки жидкого навоза и производства из него высококачественных жидких концентрированных органических удобрений.

Существуют три классических способа (технологии) переработки жидкого навоза: разделение механическим способом на твердую и жидкую фракции с последующей их переработкой; подача жидкого навоза в лагуны, его биотермическое обеззараживание в течение 12 месяцев, погрузка в технологические машины (типа МЖТ) и внесение на поле с дозами от 150 до 200 т/га; производство компостов на основе жидкого навоза и влагопоглотителя [7].

Для разделения навоза на фракции в России и за рубежом разработано множество технических средств, отличающихся производительностью, металлоемкостью, энергозатратами, капитальными вложениями, эффективностью процесса разделения [14].

В Азово-Черноморском инженерном институте Донского государственного аграрного университета (г. Зерноград Ростовской области) разработана мобильная установка для локальной обработки жидкого навоза, конструкция которой органично вписывается в технологический

процесс производства продукции животноводства.

Она представляет собой установленный наклонно в перфорированном желобе щеточный шнек, в нижней части которого находится загрузочное отверстие. Жидкий навоз в процессе транспортирования шнеком делится на жидкую и твердую фракции. Жидкая фракция через перфорацию поступает в накопитель и далее транспортируется самотеком для дальнейшей переработки. Твердая фракция в верхней части шнека дообезвоживается специальным устройством и через выгрузное отверстие подается в транспортную тележку и далее поступает на переработку.

Согласно нормативным требованиям твердая фракция на прифермском или полевом навозохранилище формируется в бурты заданных размеров. Периодически, не реже одного раза в месяц, масса перебуртовывается с целью более качественного биотермического обеззараживания и через 6 месяцев используется в качестве твердого органического удобрения на полях. Вносится удобрение по прямоочной (машинами типа ПРТ) или перевалочной (с использованием валкователей-разбрасывателей) технологиям с дозами 40–60 т/га.

Образуемая жидкая фракция насосами подается в лагуну, где происходит ее естественное обеззараживание в течение 12 месяцев и затем в качестве жидкого органического удобрения вносится на поле машинами типа МЖТ с дозами 150–200 т/га (или применяется как составной элемент при производстве компостов в полевых условиях).

С целью интенсификации процессов переработки жидкого навоза нами предлагается технология переработки твердой фракции методом ускоренного компостирования с использованием биологически активной добавки. Для реализации указанной технологии требуется площадка с твердым покрытием, ворошитель буртов навоза (ВБН) с системой внесения БАД.

Процесс реализуется следующим образом. Ворошителем буртов формируются бурты треугольной формы с шириной в основании 2,5 м, высотой 1,5 м. На бурт в жидком виде подается одновременно с перебуртовкой БАД в количестве 5 % от массы перерабатываемого продукта. В равномерно перемешанной смеси через 3–4 часа

начинаются процессы биотермического обеззараживания (происходит нагрев бурта). Операция перемешивания осуществляется через каждые 8 часов в течение трех суток в летний период и шести суток в зимний период.

Готовое твердое КОУ имеет пылевидную структуру, его влажность составляет 50–60 %, плотность 0,6–0,7 т/м<sup>3</sup>. Доза внесения такого удобрения 1–4 т/га.

Существующие технологические машины для поверхностного внесения твердых органических удобрений (ТОУ) не могут вносить твердые удобрения с малыми дозами, так как их рабочие органы не адаптированы к физико-механическим свойствам таких удобрений. *Для внесения твердых КОУ нами на базе машины МВУ разработано устройство для внесения КОУ с пневмоцентробежным рабочим органом, которое обеспечивает их внесение с дозами от 0,5 т/га и выше с требуемой равномерностью их распределения по ширине (менее 25 %) и ходу движения агрегата (менее 10 %).*

В Азово-Черноморском инженерном институте разработана и внедряется технология производства жидких концентрированных органических удобрений из жидкого навоза, поступающего от фермы и жидкой фракции после механического разделения навоза. Технология предусматривает два варианта реализации: стационарный и мобильный.

Стационарный вариант представляет собой растворный узел, состоящий из трех и более емкостей, каждая объемом не менее 10 м<sup>3</sup>, с системами трубопроводов, задвижек и фекальных насосов, обеспечивающих перемешивание компонентов в каждой емкости и последующую выгрузку их в технологическую машину [9]. В каждую емкость подается в жидком или порошковом виде БАД. За указанный период производится обеззараживание жидкого навоза и насыщение его микроэлементами. Готовое жидкое КОУ выгружается в технологическую машину и поверхностно вносится на поле с дозами от 1 до 4 т/га.

Для реализации мобильного варианта производства жидких КОУ в данном институте разработана транспортно-технологическая машина (ТТМ) на базе МЖТ-10. В нижней части емкости установлен шнек с противоположными навит-

ками от его середины. В средней части емкости установлены две перфорированные пластины (рис. 2).

Через люк в верхней части емкости подается БАД в дозировке 5 % от объема жидкого навоза. В процессе движения на поле от ВОМ трактора включается шнек, который создает два противоположных потока. Проходя через перфорацию в вертикальных пластинах, потоки на встречном курсе, сталкиваясь, перемешиваются, усиливая процесс насыщения жидкости растворяющимися частицами БАД. По прибытию на поле открывается задвижка и ЖКОУ вносится с дозой до 4 т/га.

**Обсуждение результатов исследования.** Основными преимуществами производства и использования жидких КОУ в системе восстановления почвенных ресурсов являются:

1. Возможность переработки свежего навоза, что сокращает объемы прифермских и полевых навозохранилищ и лагун.

2. Сокращение опасности загрязнения окружающей среды.

3. Малые дозы внесения КОУ, составляющие до 4 т/га и способствующие восстановлению почвенного плодородия на больших площадях сельскохозяйственных угодий.

4. Прибавка урожая, полученная при восстановлении почвенных ресурсов до оптимального содержания гумуса, превышает затраты на производство и внесение в почву ЖКОУ.

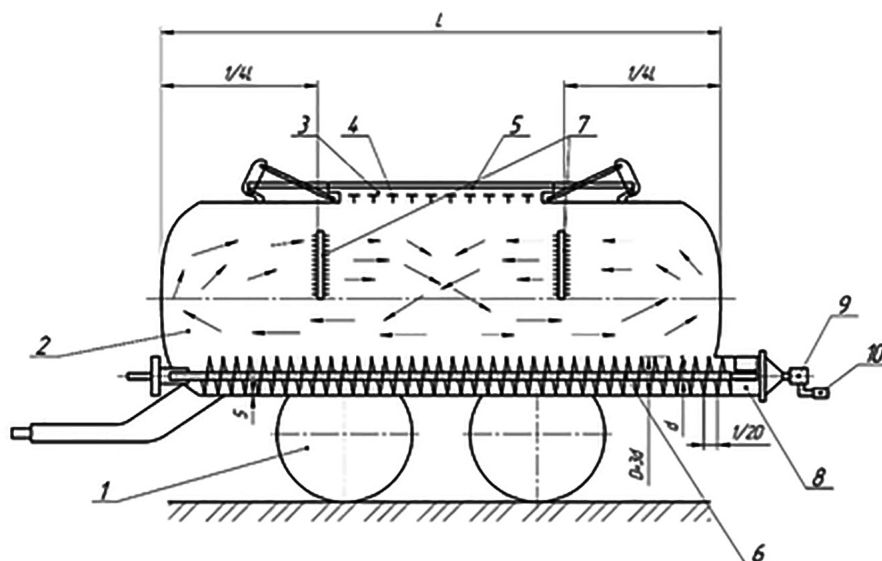
**На основании проведенного исследования разработана и рекомендуется система машин для переработки жидкого навоза в высококачественные концентрированные органические удобрения.**

*Вариант 1. С разделением жидкого навоза на фракции:* мобильная установка для разделения навоза на фракции; ворошитель буртов с системой внесения БАД; машина на базе МВУ (РУМ) с пневмоцентробежным распределяющим рабочим органом (рис. 3).

*Вариант 2. Без разделения жидкого навоза на фракции:*

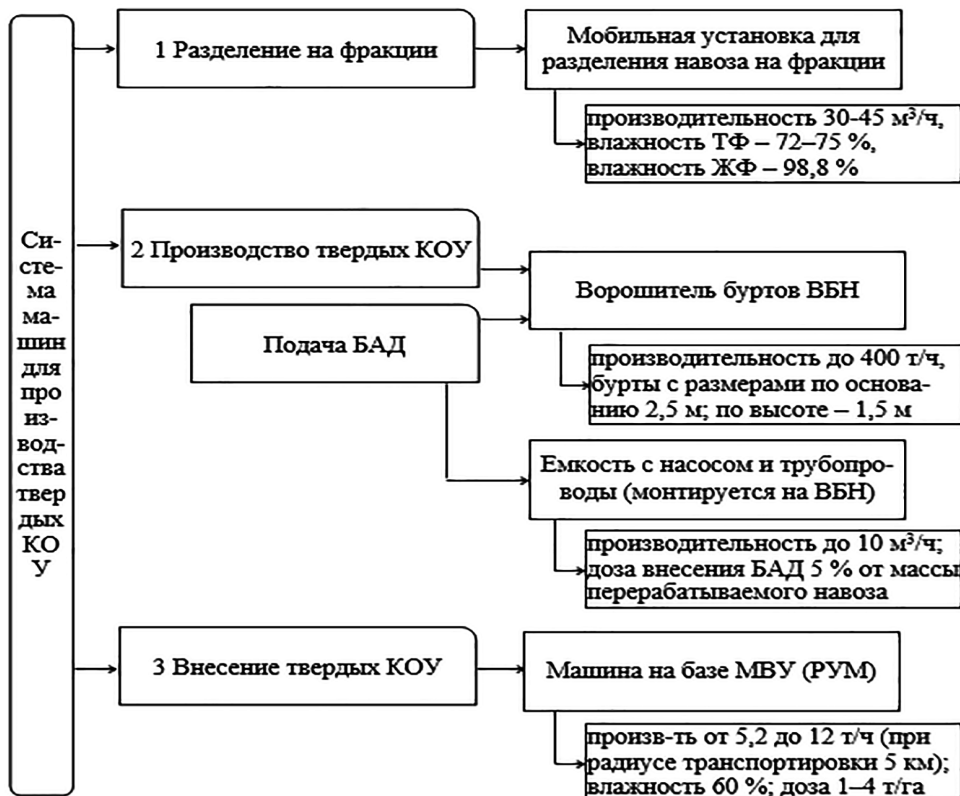
1) стационарный растворный узел с системой трубопроводов и насосами для





1 – ходовая система; 2 – емкость; 3 – загрузочный люк; 4 – предохранительная решетка; 5 – дистанционно управляемая крышка; 6 – шнек; 7 – перфорированные перегородки; 8 – выгрузное окно; 9 – фильтр; 10 – запорно-соединительное устройство

**Рисунок 2 – Схема общего вида мобильного узла машины для приготовления растворов жидких КОУ**  
**Figure 2 – Diagram of the general view of the mobile unit of the machine for the preparation of liquid COE solutions**



**Рисунок 3 – Машины и оборудование для производства и внесения твердых концентрированных органических удобрений**  
**Figure 3 – Machinery and equipment for the production and application of solid concentrated organic fertilizers**



Рисунок 4 – Машины и оборудование для производства и внесения жидких концентрированных органических удобрений

Figure 4 – Machinery and equipment for the production and application of liquid concentrated organic fertilizers

подачи БАД и перемешивания смеси; машины для внесения жидких удобрений;

2) мобильный агрегат с системой автономного перемешивания и производства жидких КОУ (рис. 4).

**Заключение.** Развитие технологий и совершенствование системы машин для производства и применения органических удобрений основываются на дефиците производимых органических удобрений и востребованности их для повышения почвенного плодородия.

При дефиците органических удобрений экономически целесообразно произ-

водить твердые и жидкие концентрированные органические удобрения, внесение которых с малыми дозами (до 4 т/га) на значительных территориях сельскохозяйственных угодий позволит не только улучшить состояние продукционного слоя почвы по биохимическим показателям, но и возместить затраты на их производство получаемой прибавкой зерновых и кормовых культур.

Реализация разработанных технологий возможна на основе предложенной системы машин для производства и применения высококачественных твердых и жидких органических удобрений.

#### Список источников

1. Санду И. С., Бурак П. И., Полухин А. А. Экономические аспекты технико-технологической модернизации сельского хозяйства в условиях интеграции в Евразийский экономический союз // Экономика сельского хозяйства России. 2015. № 7. С. 84–89.

2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации : указ Президента Российской Федерации от 30.01.2010 № 120 // Министерство сельского хозяйства РФ. URL: [https://www.mcx.ru/documents/document/v7\\_show/14857.19.htm](https://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/14857.19.htm) (дата обращения: 15.01.2023).



3. Лимаренко Н. В. Моделирование технологического процесса утилизации стоков животноводства // Современные проблемы математического моделирования, обработки изображений и параллельных вычислений : материалы междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону : ДГТУ-ПРИНТ, 2017. С. 157–164.
4. Chen K.-C., Wang Y.-H. Control of disinfection by-product formation using ozone-based advanced oxidation processes // *Environmental Technology*. 2012. No. 33 (4). P. 487–495.
5. Повышение эффективности использования мобильных транспортных энергетических средств в условиях низкотемпературной эксплуатации : монография / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, А. В. Кучер. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. 175 с.
6. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах / А. В. Кучер, С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, З. Ф. Кривуца // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2021. № 3 (59). С. 86–92.
7. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. Владимир : Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа, 2001. 496 с.
8. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы. Ростов-на-Дону : Альтаир, 2022. 736 с.
9. Bichai F., Polo-López M. I., Fernández I. P. Solar disinfection of wastewater to reduce contamination of lettuce crops by *Escherichia coli* in reclaimed water irrigation // *Water Research*. 2012. Vol. 46 (18). P. 6040–6050.
10. Липкович Э. И., Бельтюков Л. П., Бондаренко А. М. Органическая система земледелия // *Техника и оборудование для села*. 2014. № 8 (206). С. 2–7.
11. Суперудобрение органическое «Агровит-Кор». Технические условия. М. : Стандарт-Информ, 1998. 14 с.
12. Головкин А. Н., Попенко А. Ю., Хаценко А. В. Применение электрофизических методов для очистки жидких органических отходов животноводства // *Активная интеллектуальная молодежь сельскому хозяйству*. 2021. № 2 (11). С. 90–95.
13. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. М. : Росинформагротех, 2017. 172 с.
14. Шигапов И. И. Ресурсосберегающие технологии уборки жидкого навоза // *Сельский механизатор*. 2017. № 4. С. 26–27.

## References

1. Sandu I. S., Burak P. I., Polukhin A. A. Ekonomicheskie aspekty tekhniko-tekhnologicheskoi modernizatsii sel'skogo khozyaistva v usloviyakh integratsii v Evraziiskii ekonomicheskii soyuz [Economic aspects of technician-technological modernization of agriculture in the conditions of integration into the Eurasian Economic Union]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii. – Agricultural Economics of Russia*, 2015; 7: 84–89 (in Russ.).
2. Doktrina prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii: ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 30.01.2010 No. 120 [Doctrine of Food Security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of January 30, 2010 No/ 120]. *Mcx.ru* Retrieved from [https://www.mcx.ru/documents/document/v7\\_show/14857.19.htm](https://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/14857.19.htm) (Accessed 15 January 2023) (in Russ.).
3. Limarenko N. V. Modelirovanie tekhnologicheskogo protsessa utilizatsii stokov zhiivotnovodstva [Modeling of the technological process of utilization of livestock effluents]. Proceedings from Modern problems of mathematical modeling, image processing and parallel computing: *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya – International Scientific Conference*. (PP. 157–164), Rostov-na-Donu, DGTU-PRINT, 2017 (in Russ.).

4. Chen K.-C., Wang Y.-H. Control of disinfection by-product formation using ozone-based advanced oxidation processes. *Environmental Technology*, 2012; 33 (4): 487–495.

5. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V., Krivutsa Z. F., Kucher A. V. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nykh transportnykh energeticheskikh sredstv v usloviyakh nizkotemperaturnoi ekspluatatsii: monografiya [Improving the efficiency of using mobile transport energy facilities under conditions of low-temperature operation: monograph]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022, 175 p. (in Russ.).

6. Kucher A. V., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdeystviya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur pri razlichnykh temperaturnykh rezhimakh [Improving the efficiency of using energy resources in the technology of cultivating agricultural crops under various temperature conditions]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 3 (59): 86–92 (in Russ.).

7. *Spravochnaya kniga po proizvodstvu i primeniyu organicheskikh udobrenii [Reference book on the production and use of organic fertilizers]*, Vladimir, Vserossijskij NII organicheskikh udobrenij i torfa, 2001, 496 p. (in Russ.).

8. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoi oblasti na 2022–2026 gody [Zonal farming systems of the Rostov region for 2022–2026]*, Rostov-na-Donu, Al'tair, 2022, 736 p. (in Russ.).

9. Bichai F., Polo-López M. I., Fernández I. P. Solar disinfection of wastewater to reduce contamination of lettuce crops by *Escherichia coli* in reclaimed water irrigation. *Water Research*, 2012; 46 (18): 6040–6050.

10. Lipkovich E. I., Bel'tyukov L. P., Bondarenko A. M. Organicheskaya sistema zemledeliya [Organic farming system]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – Technique and Equipment for the Village*, 2014; 8 (206): 2–7 (in Russ.).

11. *Superudobrenie organicheskoe "Agrovit-Kor". Tekhnicheskie usloviya [Organic super fertilizer "Agrovit-Core". Technical conditions]*, Moskva, Standart-Inform, 1998, 14 p. (in Russ.).

12. Golovko A. N., Popenko A. Yu., Khatsenko A. V. Primenenie elektrofizicheskikh metodov dlya oчитki zhidkikh organicheskikh otkhodov zhivotnovodstva [Application of electrophysical methods for cleaning liquid organic waste from animal husbandry]. *Aktivnaya intellektual'naya molodezh' sel'skomu khozyaistvu. – Active Intellectual Youth to Agriculture*, 2021; 2 (11): 90–95 (in Russ.).

13. *Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu sistem udaleniya i podgotovki k ispol'zovaniyu navoza i pometa [Guidelines for the technological design of systems for the removal and preparation for the use of manure and litter]*, Moskva, Rosinformagrotekh, 2017, 172 p. (in Russ.).

14. Shigapov I. I. Resursosberegayushchie tekhnologii uborki zhidkogo navoza [Resource-saving technologies for cleaning liquid manure]. *Selskii mekhanizator. – Rural mechanic*, 2017; 4: 26–27 (in Russ.).

© Бондаренко А. М., Качанова Л. С., 2023

Статья поступила в редакцию 06.04.2023; одобрена после рецензирования 27.04.2023; принята к публикации 22.05.2023.

The article was submitted 06.04.2023; approved after reviewing 27.04.2023; accepted for publication 22.05.2023.

**Информация об авторах**

**Бондаренко Анатолий Михайлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, [bondanmih@rambler.ru](mailto:bondanmih@rambler.ru);

**Качанова Людмила Сергеевна**, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры финансового менеджмента, Российская таможенная академия, [l.kachanova@customs-academy.ru](mailto:l.kachanova@customs-academy.ru)

**Information about authors**

**Anatoliy M. Bondarenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Land Management and Cadastre, Azov-Black Sea Engineering Institute – Branch of the Don State Agrarian University, [bondanmih@rambler.ru](mailto:bondanmih@rambler.ru);

**Lyudmila S. Kachanova**, Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Financial Management, Russian Customs Academy, [l.kachanova@customs-academy.ru](mailto:l.kachanova@customs-academy.ru)