

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

УДК 631.8

DOI: 10.24412/1999-6837-2022-1-95-103

Исследование процесса производства гуминовых органоминеральных удобрений в системе экономической безопасности страны**Анатолий Михайлович Бондаренко¹, Людмила Сергеевна Качанова²,
Сергей Михайлович Челбин³, Александр Николаевич Головкин⁴**^{1,4} Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, Ростовская область, Зерноград, Россия² Российская таможенная академия, Московская область, Люберцы, Россия³ Филиал Российского сельскохозяйственного центра по Ростовской области, Ростовская область, Ростов-на-Дону, Россия¹ bondanmih@rambler.ru, ² l.kachanova@customs-academy.ru, ³ rsc61lab@yandex.ru,⁴ alexnikgol@rambler.ru

Аннотация. Растущая потребность в экономической безопасности и продовольственной независимости государства обуславливает изменения в методах ведения сельского хозяйства. Эффективная работа агропромышленного комплекса и его базовой составляющей – растениеводства зависит от внедрения эффективных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, направленных, в первую очередь, на повышение урожайности и сохранение почвенного плодородия. Эффективность применения минеральных и органических удобрений зависит от наличия в них сбалансированного количества микроэлементов, находящихся в форме, доступной корневой системе растений. В настоящее время наибольшим спросом пользуются органоминеральные удобрения, произведённые на основе гуматов. Цель исследования состоит в обосновании процесса производства гуминовых органоминеральных удобрений с разработкой технологической линии как элемента в системе обеспечения продовольственной независимости и экономической безопасности страны. Разработана структурная схема функционирования растениеводства, включающая блоки производства гуминовых удобрений и их использования в растениеводстве. Определены внешние и внутренние связи взаимодействия отдельных технологических операций. Представлена технологическая линия, обеспечивающая производство жидкого органоминерального удобрения «Гумат++» марки С2. В процессе производства удобрение обогащается макро- и микроэлементами: азотом, калием, железом, цинком, медью, марганцем, молибденом, кобальтом, бором. Использование гуминовых органоминеральных удобрений позволяет снизить внесение минеральных удобрений, сократить негативное воздействие на экологическую ситуацию. Применение в аграрном секторе гуминовых органоминеральных удобрений способствует повышению урожайности возделываемых культур на 10–30 %, улучшению их качественных показателей, позволяет укреплять продовольственную независимость и экономическую безопасность государства.

Ключевые слова: органические удобрения, гуминовые удобрения, органоминеральные удобрения, технологический процесс, почвенное плодородие, продовольственная независимость, экономическая безопасность

Для цитирования: Исследование процесса производства гуминовых органоминеральных удобрений в системе экономической безопасности страны / А. М. Бондаренко, Л. С. Качанова, С. М. Челбин, А. Н. Головкин // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Вып. 1 (61). С. 95–103. doi: 10.24412/1999-6837-2022-1-95-103.

Study of the production process of humic organomineral fertilizers in the system of economic security of the country

Anatoly M. Bondarenko¹, Lyudmila S. Kachanova²,
Sergei M. Chelbin³, Aleksandr N. Golovko⁴

^{1,4} Don State Agrarian University – Azov Black Sea Engineering Institute,
Rostov region, Zernograd, Russia

² Russian Customs Academy, Moscow region, Lyubertsy, Russia

³ Russian Agricultural Center – the Rostov Region Branch,
Rostov region, Rostov-on-Don, Russia

¹ bondanmih@rambler.ru, ² l.kachanova@customs-academy.ru, ³ rsc61lab@yandex.ru,

⁴ alexnikgol@rambler.ru

Abstract. The growing need for economic security and food independence of the state causes changes in agricultural methods. The effective operation of the agro-industrial complex and its basic component – crop production, depends on the introduction of effective technologies for cultivating crops aimed primarily at increasing yields and preserving soil fertility. The effectiveness of the use of mineral and organic fertilizers depends on the presence of a balanced amount of trace elements in them, which are in the form of that is accessible for root system of plants. Currently, organomineral fertilizers produced on the basis of humates are in the greatest demand. The purpose of the study is to substantiate the production process of humic organomineral fertilizers with the development of a technological line as an element in the system of ensuring food independence and economic security of the country. A structural scheme of the functioning of crop production has been developed, including blocks for the production of humic fertilizers and their use in crop production. The technological line for the production of liquid organomineral fertilizer "Humat++" of the C2 brand is presented. During the production process, the fertilizer is enriched with macro- and microelements: nitrogen, potassium, iron, zinc, copper, manganese, molybdenum, cobalt, boron. The use of humic organomineral fertilizers allows reducing the application of mineral fertilizers and decreasing their negative impact on the environmental situation. The use of humic organomineral fertilizers in the agricultural sector contributes to increasing the yield of cultivated crops by 10–30 %, improving their quality indicators, strengthening food independence and economic security of the state.

Keywords: organic fertilizers, humic fertilizers, organomineral fertilizers, technological process, soil fertility, food independence, economic security

For citation: Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Chelbin S. M., Golovko A. N. Issledovanie processa proizvodstva guminovykh organomineral'nykh udobrenij v sisteme ekonomicheskoy bezopasnosti strany [Study of the production process of humic organomineral fertilizers in the system of economic security of the country]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2022; 1 (61): 95–103. (in Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2022-1-95-103.

Введение. Роль аграрного сектора экономики России неуклонно возрастает в обеспечении экономической безопасности и продовольственной независимости страны. Продовольственная безопасность населения является приоритетной задачей государства, решение которой связано со стабильной работой агропромышленного комплекса и его основных составляющих – растениеводства и животноводства. Эффективность растениеводства основывается на использовании современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Производство зерновых культур является основой аграрной отрасли России, имеет системообразующий характер для отраслей сельского хозяйства и для других отраслей экономики. Продукты переработки зерна традиционно являются одним из основных элементов продовольственного обеспечения и более чем на треть удовлетворяют энергетические потребности населения России.

Россия является одним из мировых лидеров по посевным площадям, занятым пшеницей. На период 2020–2021 гг. первое место по посевным площадям под

пшеницей занимала Индия (31,4 млн га), второе – Россия (28,7 млн га), третье – Китай (23,4 млн га). Однако в мировых лидерах по урожайности пшеницы Россия не представлена. Здесь самые высокие результаты у Германии (7,53 т/га), Франции (6,8 т/га), Египта (6,4 т/га), Китая (5,7 т/га). Урожайность пшеницы в России в 2020 г. составила 2,9 т/га, наилучший результат достигнут в 2017 г. (3,1 т/га) [1, 10].

Так как повышение урожайности сельскохозяйственных культур преимущественно обеспечивается через сохранение и восстановление почвенного плодородия [2, 3, 7], в данном направлении важная роль отводится производству и применению минеральных и органических удобрений.

Применение удобрений в современных условиях ведения сельского хозяйства обусловлено несколькими факторами:

1) повышением урожайности и минимизацией обработок с целью повышения экономической эффективности растениеводства;

2) снижением химической нагрузки и получением органически чистой продукции, которая наиболее всего востребована на рынке;

3) предотвращением истощения и деградации почв.

Повышение урожайности в растениеводстве является приоритетной задачей, решение которой возможно только интенсивными методами с применением новых технологий. Сюда относятся новые семена высокоурожайных сортов, полученные на основе селективных исследований, применение высокопроизводительной техники, внесение современных минеральных и органических удобрений [7, 8].

Эффективность применения удобрений зависит от их вида, действия, формы химических элементов и соединений, входящих в состав, эффекта взаимодействия и многих других факторов. Чем больше сбалансированное количество микроэлементов, находящихся в усвояемой растениями форме в составе удобрения, тем больший положительный эффект оно оказывает на растение. Кроме того, на эффективность применения удобрений оказывают влияние такие внешние факторы как, состав и влагоёмкость почвы, а также агроклима-

тические условия, которыми обусловлены оптимальные сроки внесения удобрений. Все эти условия взаимосвязаны между собой и от того, насколько точно агроном хозяйства сможет их сопоставить, зависит полученный урожай.

Запасы количества влаги в почве являются одним из ключевых факторов в растениеводстве и влияют на развитие самого растения и на вносимые удобрения, так как большинство из применяемых удобрений легко растворяются в воде и, как следствие, во влажной почве быстрее проникают в необходимый для питания растений корнеобитаемый слой. Учитывая экстремальные условия растениеводства для большинства районов Ростовской области, когда не всегда возможен подбор оптимальных сроков внесения удобрений (и это зависит в большей степени от погоды, чем от человека), приоритетными для сельского хозяйства становятся жидкие удобрения [3, 11].

Применительно к засушливым условиям юга России жидкие удобрения имеют ряд преимуществ, основными из которых являются:

а) минимальная зависимость от влажности почвы;

б) быстрая усвояемость компонентов удобрения микрофлорой почвы;

в) осуществление корневой и некорневой подкормки растений;

г) локальное внесение удобрений.

Жидкая форма позволяет производителю самостоятельно делать сложные растворы или баковые смеси, добавляя необходимые элементы. В современных условиях решения задач по снижению химической нагрузки, получению органически чистой продукции, предотвращению истощения и деградации почв, улучшению их плодородных свойств, на первое место по востребованности выходят жидкие органические удобрения, которые могут быть изготовлены из компоста, навоза или других органических материалов [4, 5, 6].

Такие удобрения позволяют снизить негативное влияние накапливающихся в почве пестицидов, и производить органически более чистую продукцию, требования к которой установлены в нормативных документах, в частности в Техническом регламенте Таможенного

союза (015/2011) «О безопасности зерна», пункт 4 статьи 4 которого указывает, что «не допускается выпуск в обращение на единой таможенной территории Таможенного союза зерна, если содержание в нём остаточных количеств действующих веществ пестицидов превышает допустимые уровни» [9].

Наиболее распространенными и популярными среди производителей в современных условиях являются органоминеральные удобрения, произведённые на основе гуматов. Основным сырьём для производства таких удобрений являются природные ископаемые (торф, уголь, сапропель и др.). Содержание в них гуминовых и фульвокислот самое высокое.

Информация об эффективном применении гуминовых удобрений и их воздействии на растения в различных климатических условиях раскрыта во многих научных изданиях и исследована различными авторами. Технология получения растворимых гуматов была известна уже в 60-х гг. XX в., и подтверждением этому являются труды советских и зарубежных учёных.

Особой привлекательностью гуматов в сельском хозяйстве, наряду с их эффективностью в качестве органического стимулятора и удобрения для растений, является их недорогая стоимость в сравнении с минеральными удобрениями. Если раньше основной трудностью получения гуматов являлся сложный и длительный процесс их производства, обусловленный уровнем развития науки и техники того времени, то на сегодняшний день технологии производства гуматов или гуминовых кислот стали более совершенными и позволяют производить готовое водорастворимое сырьё в виде порошка для получения гуминовых удобрений, то есть фактически полуфабрикат, который необходимо в соответствии с инструкцией правильно приготовить.

Целью исследования является обоснование процесса производства гуминовых органоминеральных удобрений с разработкой технологической линии как элемента в системе обеспечения продовольственной независимости и экономической безопасности страны.

Материалы и методы исследования. В работе применён универсальный

методический приём, позволяющий комплексно определить взаимосвязи технологического процесса производства гуминовых удобрений и их использования при выращивании сельскохозяйственных культур, основанный на системном подходе. Системный подход и системный анализ, применительно к производству и использованию гуминовых удобрений, дают возможность определить параметры технологических комплексов, отдельных технических средств и оборудования для достижения поставленной цели.

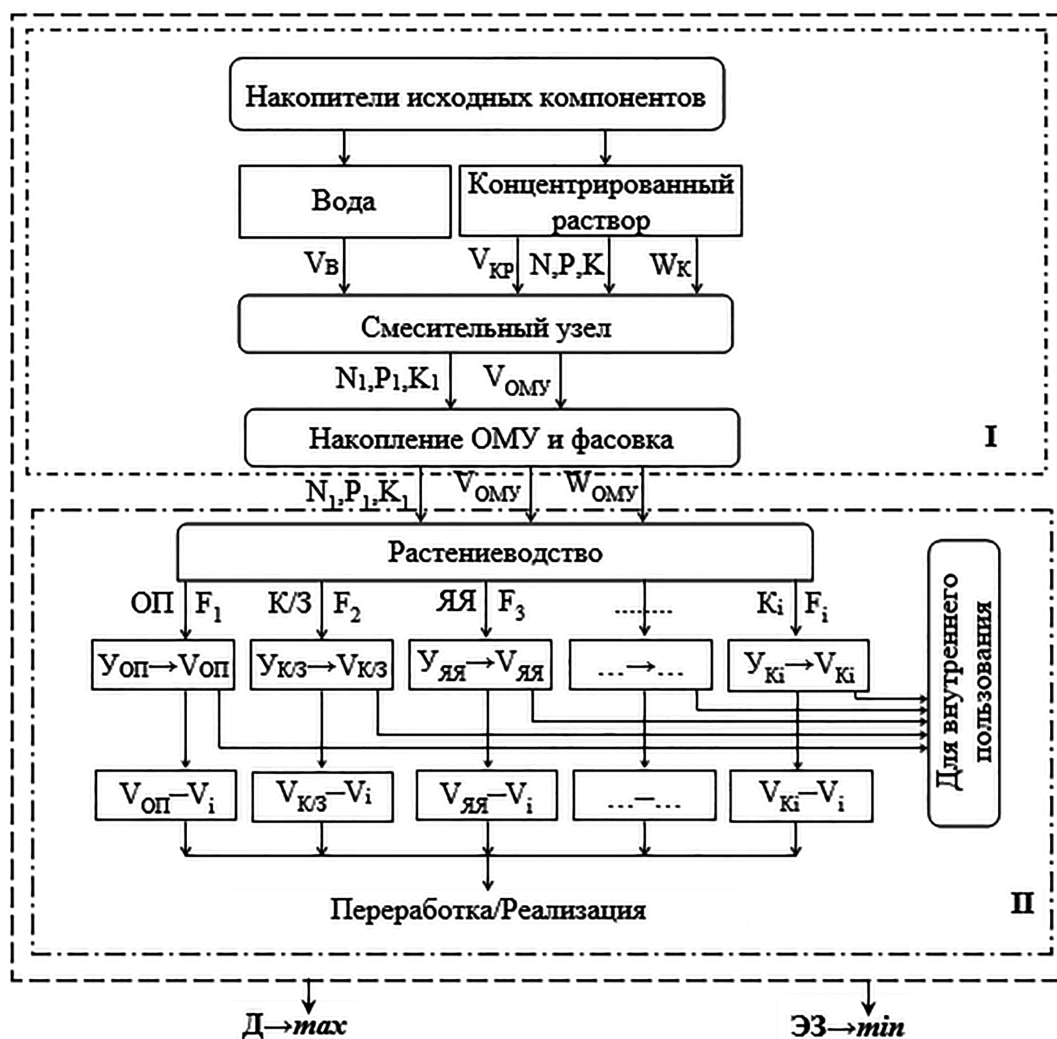
Результаты исследования. Технологический процесс в составе структурной схемы включает два основных блока: блок производства гуминовых удобрений и блок производства продукции растениеводства на основе используемых гуминовых удобрений (рис. 1).

На каждый элемент подсистемы воздействуют входные параметры: внешние и внутренние. Входными параметрами первого блока структурной схемы являются объём поставляемой воды (V_B), влажность концентрированного раствора (W_K), объём (V_{KP}) и содержание в нём азота (N), фосфора (P) и калия (K).

В смесительном узле происходит разбавление концентрированного раствора водой до заданной концентрации при определенной температуре нагрева (T °C) и времени перемешивания (t_{nep}). Готовое органоминеральное удобрение в заданном объёме (V_{OMV}) и концентрации по азоту (N_I), фосфору (P_I) и калию (K_I) подаётся на фасовку. Работа смесительного узла характеризуется его производительностью (Q_{cv}) и качеством произведённой продукции (η).

Входными параметрами второго блока являются V_{OMV} , W_{OMV} и содержание в нём N_I , P_I , K_I .

Произведённое количество органоминерального удобрения (V_{OMV}) диктуется потребностями растениеводства, связанными с выращиванием конкретных культур на заданных площадях. В качестве примера показано выращивание озимой пшеницы (ОП), возделываемой на площади F_1 , кукурузы на зерно (К/З), возделываемой на площади F_2 , ярового ячменя (ЯЯ), возделываемого на площади F_3 , и других i -культур (K_i), возделываемых на площади F_i .



I – блок производства гуминовых удобрений; II – блок производства продукции растениеводства

Рисунок 1 – Структурная схема функционирования отрасли растениеводства на основе использования гуминовых удобрений

После определения урожайности озимой пшеницы ($V_{оп}$), кукурузы на зерно ($V_{кз}$), ярового ячменя ($V_{яя}$), другой i -й культуры ($V_{ки}$), часть полученных объёмов ($V_{оп}$, $V_{кз}$, $V_{яя}$, $V_{ки}$) остаётся для внутренних нужд, переработки и реализации.

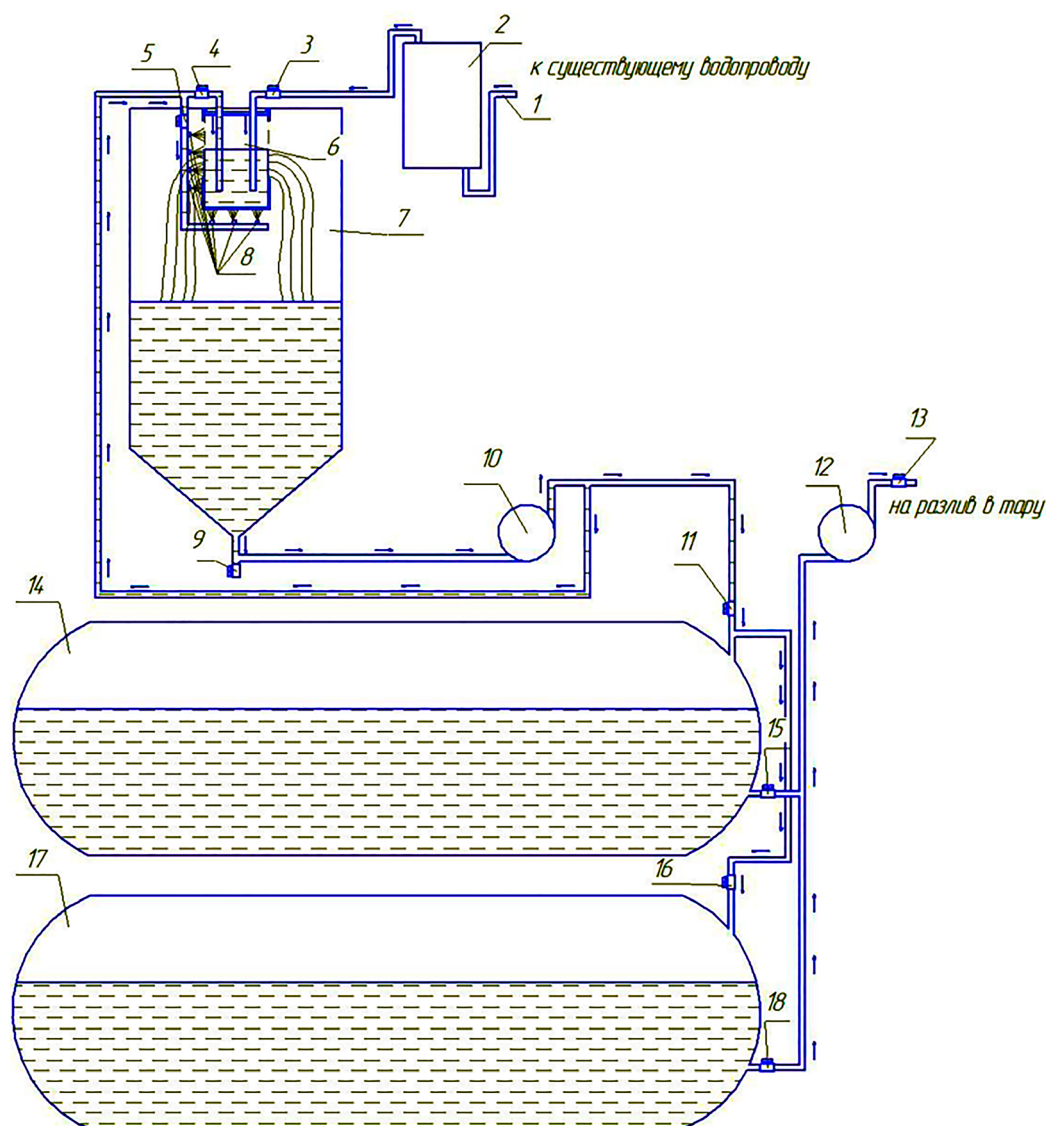
Критериями оптимизации рассматриваемой схемы являются:

- 1) минимум эксплуатационных затрат ($ЭЗ \rightarrow \min$);
- 2) максимум дохода от реализации продукции растениеводства, произведённой при использовании гуминовых удобрений ($Д \rightarrow \max$).

Сотрудниками федерального государственного бюджетного учреждения «Россельхозцентр» по Ростовской области

совместно с учеными Азово-Черноморского инженерного института Донского государственного аграрного университета разработана и внедрена технологическая линия для производства органоминерального удобрения «Гумат» (рис. 2).

Она может использоваться в крупных и малых сельскохозяйственных организациях, которые применяют в своём производстве гуминовые удобрения. Линия проста в использовании и обслуживании, не требует значительных финансовых и технических затрат, и разрабатывалась для изготовления органоминеральных удобрений «Иркутские гуматы» марки С2: Гумат + 7 жидкий концентрат в соответствии с разработанными техническими условиями ТУ 2189–004–71788256–2015.



- 1 – вход от существующей водопроводной линии; 2 – водонагреватель;
 3 – вентиль подачи подогретой воды в фильтр-смеситель;
 4 – вентиль подачи возвратного раствора из смесительной ёмкости;
 5 – вентиль подачи возвратного раствора на форсунки; 6 – фильтр-смеситель;
 7 – смесительная ёмкость; 8 – форсунки регенерации пропускной способности сеток фильтра-смесителя;
 9 – вентиль слива нерастворимого осадка из смесительной ёмкости; 10 – центробежный насос № 1;
 11 – вентиль подачи раствора в накопительную ёмкость № 1; 12 – центробежный насос № 2;
 13 – вентиль подачи раствора на выгрузку в тарные ёмкости; 14 – накопительная ёмкость № 1;
 15 – вентиль подачи раствора из накопительной ёмкости № 1 на выгрузку;
 16 – вентиль подачи раствора в накопительную ёмкость № 2; 17 – накопительная ёмкость № 2;
 18 – вентиль подачи раствора из накопительной ёмкости № 2 на выгрузку

Рисунок 2 – Технологическая линия для производства органоминеральных удобрений «Гумат»

Технологический процесс заключается в растворении концентрата с заданным количеством воды в смесительной ёмкости до получения раствора.

Иркутские гуматы – органоминеральное удобрение на основе гуминовых

кислот, производимое путём механико-химической обработки окислённых бурых углей карбонатами калия и натрия и специальной обработки солями микроэлементов.

Наибольший эффект от применения Гумата + 7 достигается при его использовании для предпосевной обработки и обработки по вегетирующим растениям. Применение гуматов усиливает защитные функции растений, что особенно актуально в экстремальных условиях, к которым можно отнести перепады температур, переувлажнения, недостаточное количество микроэлементов в почве. Хорошая усвояемость гуматов (порядка 90–95 %) и длительность их воздействия на сельскохозяйственные культуры обеспечивает экономичность использования удобрений. Наблюдается повышение качества сельскохозяйственной продукции, увеличение урожайности на 10–30 %, что влечёт за собой рост прибыли сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Выводы. Дилемма о пользе удобрений для почвенного плодородия и эффективности их для растений, о применении органических или минеральных удобрений существует до сих пор. Десятилетиями аграрии склонялись в пользу различных видов и форм удобрений.

Органические отходы в непереработанном виде нередко закисляют почву, становятся разносчиками семян сорняков и вредной микрофлоры. Минеральные удобрения не в полном объёме усваиваются растениями, накопленные в почве их части при попадании в грунтовые воды и воздух приводят к ухудшению экологической ситуации. Каждый из видов удобрений имеет свои недостатки и преимущества. Теоретические исследования и практические эксперименты доказали эффективность их грамотного сочетания. Оптимальное сочетание органических удобрений с минеральными повышает урожайность и улучшает агрохимические показатели сельскохозяйственных культур.

Идея создания гуминовых органо-минеральных комплексов возникла ещё в послевоенные годы, но активно наращивать их производство начали в конце прошлого века. Предлагаемое в исследовании производство гуминовых концентратов из готового сырья для сельскохозяйственных организаций является экономически выгодным. Жидкие гуминовые органо-минеральные удобрения представляют собой питательные концентрированные вытяжки, которые перед применением разбавляются водой и используются для опрыскивания по листу или внесения в корневую зону с капельным поливом. Организация производства гуминовых удобрений в хозяйстве позволит сократить затраты на приобретение готовых гуминовых удобрений и на внесение минеральных удобрений.

Разработана структурная схема функционирования растениеводства, включающая блоки производства гуминовых удобрений и их использования в растениеводстве. Определены внешние и внутренние связи взаимодействия отдельных технологических операций. На основе структурной схемы разработана и внедрена технологическая линия для производства жидкого органо-минерального удобрения «Гумат ++» марки С2.

Получение дополнительной прибыли в результате повышения урожайности и качественных показателей возделываемых культур позволяет укреплять продовольственную независимость и экономическую безопасность государства. Экономическая выгода поддерживается экологической составляющей. Применение в аграрном секторе гуминовых органо-минеральных удобрений является безопасным и эффективным приёмом для окружающей среды, животных и человека.

Список источников

1. Анализы по странам // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (FAO). URL : <https://www.fao.org/gIEWS/country-analysis/ru/> (дата обращения: 30.11.2021).
2. Бондаренко А. М., Качанова Л. С. Технологии и технические средства производства и применения органических удобрений : монография. зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного аграрного университета, 2016. 224 с.
3. Босак В. Н. Агроэкономическая эффективность применения органических удобрений // Аграрная экономика. 2012. № 4. С. 49–54.

4. Внесение удобрений / Т. Мисселбрук, Дж. Уэбб, К. Паллиер [и др.] // Рекомендации Целевой группы по химически активному азоту ЕЭК ООН. Центр экологии и гидрологии. Эдинбург, 2014. С. 50–54.
5. Гражданкин А. И., Кара-Мурза С. Г. Белая книга России. Строительство, перестройка и реформы: 1950-2013 гг. М. : Научный эксперт, 2015. 728 с.
6. Смолянинова Н. М., Хорошко С. И., Москальчук А. Н. Технология получения растворимых гуматов из торфа // Известия Томского политехнического института имени С. М. Кирова. 1969. Т. 178. С. 158–161.
7. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / А. И. Еськов, М. Н. Новиков, С. М. Лукин [и др.]. Владимир: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2001. 496 с.
8. Токбаев А. А., Челбин С. М. Стимулирование инновационной деятельности в регионе // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2009. № 6 (32). С. 83–90.
9. Управление потоками азота с учетом полного азотного цикла / О. Энема, С. Батман, М. Дедина [и др.] // Рекомендации Целевой группы по химически активному азоту ЕЭК ООН. Центр экологии и гидрологии. Эдинбург, 2014. С. 8–12.
10. Федеральная служба государственной статистики : сайт. URL : https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 30.11.2021).
11. Sukhanova M. V. Substantiation of physical and mathematical model and determination of accelerations under the action of the elastic mixer driving forces // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. Vol. 9 (11). P. 2268–2274.

References

1. Analizy po stranam [Country analysis]. *Fao.org* Retrieved from <https://www.fao.org/giews/country-analysis/ru/> (Accessed 30 November 2021) (in Russ.).
2. Bondarenko A. M., Kachanova L. S. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva proizvodstva i primeneniya organicheskikh udobrenii: monografiya* [Technologies and technical facilities for the production and use of organic fertilizers: monograph], Zernograd, Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2016, 224 p. (in Russ.).
3. Bosak V. N. Agroekonomicheskaya effektivnost' primeneniya organicheskikh udobrenii [Agroeconomic efficiency of organic fertilizers application]. *Agrarnaya ekonomika. – Agricultural economy*, 2012; 4: 49–54 (in Russ.).
4. Misselbrook T., Webb J., Palliere C., Sutton M. A., Luhin S., Wade B. Vnesenie udobrenii [Fertilization]. In: *Rekomendatsii Tselevoi gruppy po khimicheski aktivnomu azotu EEK OON. Tsentra ekologii i gidrologii* [Recommendations of the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. Center for Ecology and Hydrology], Edinburg, 2014, P. 50–54. (in Russ.).
5. Grazhdankin A. I., Kara-Murza S. G. *Belaya kniga Rossii. Stroitel'stvo, perestroika i reformy: 1950–2013 gg.* [White Paper of Russia. Construction, reconstruction and reforms: 1950–2013], Moskva, Nauchnyi ekspert, 2015. 728 p. (in Russ.).
6. Smolyaninova N. M., Khoroshko C. I., Moskal'chuk A. N. Tekhnologiya polucheniya rastvorimyykh gumatov iz torfa [Technology for obtaining soluble humates from peat]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo instituta imeni S. M. Kirova. – Proceedings of the Tomsk Polytechnic Institute named after S. M. Kirov*, 1969; 178: 158–161 (in Russ.).
7. Es'kov A. I., Novikov M. N., Lukin S. M., Tarasov S. I. Ryabkov V. V., Kasatikov V. A., Tuzhilin V. M. [et al.]. *Spravochnaya kniga po proizvodstvu i primeneniyu organicheskikh udobrenii: monografiya* [Reference book on the production and use of organic fertilizers: monograph], Vladimir, Rossijskaya akademiya sel'skohozyajstvennykh nauk, 2001, 496 p. (in Russ.).
8. Tokbaev V. N., Chelbin S. M. Stimulirovanie innovatsionnoi deyatel'nosti v regione [Stimulation of innovation activity in the region]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. – Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2009; 6 (32): 83–90 (in Russ.).

9. Oenema O., Buttman S., Dedina M., Heward S. M., Sutton M., Hutcbings N. J., Winiwarten W. Upravlenie potokami azota s uchetom polnogo azotnogo tsikla [Management of nitrogen flows considering the complete nitrogen cycle]. In.: *Rekomendatsii Tselevoi gruppy po khimicheski aktivnomu azotu EEK OON. Tsentr ekologii i gidrologii [Recommendations of the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. Center for Ecology and Hydrology]*, Edinburg, 2014, P. 8–12. (in Russ.).

10. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Federal State Statistics Service]. *rosstat.gov.ru* Retrieved from https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (Accessed 30 November 2021) (in Russ.).

11. Sukhanova M. V. Substantiation of physical and mathematical model and determination of accelerations under the action of the elastic mixer driving forces. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2014; 9 (11): 2268–2274.

© Бондаренко А. М., Качанова Л. С., Челбин С. М., Головки А. Н., 2022

Статья поступила в редакцию 10.01.2022; одобрена после рецензирования 17.02.2022; принята к публикации 01.03.2022.

The article was submitted 10.01.2022; approved after reviewing 17.02.2022; accepted for publication 01.03.2022.

Информация об авторах

Бондаренко Анатолий Михайлович, доктор технических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, bondanmih@rambler.ru;

Качанова Людмила Сергеевна, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, Российская таможенная академия, l.kachanova@customs-academy.ru;

Челбин Сергей Михайлович, кандидат экономических наук, филиал Российского сельскохозяйственного центра по Ростовской области, rsc61lab@yandex.ru;

Головки Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, alexnikgol@rambler.ru

Information about authors

Anatoly M. Bondarenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Don State Agricultural University – Azov Black Sea Engineering Institute, bondanmih@rambler.ru;

Lyudmila S. Kachanova, Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Customs Academy, l.kachanova@customs-academy.ru;

Sergei M. Chelbin, Candidate of Economic Sciences, Russian Agricultural Center – the Rostov Region Branch, rsc61lab@yandex.ru;

Aleksandr N. Golovko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Don State Agricultural University – Azov Black Sea Engineering Institute, alexnikgol@rambler.ru