

## ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ДРУГИХ ОТРАСЛЕЙ

Владимир Иванович Зеников, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», г.п. Одинцово, Московская область, Россия  
E-mail: ilios-astro@bk.ru

**Аннотация.** В статье представлена новая технология производства органических удобрений. Проведена работа по экспериментальному изучению всех способов получения и качества удобрений с применением современных средств (компьютерное моделирование динамического процесса перемешивания, микробиологический анализ образцов органических удобрений и их компонентов, а также физическое и математическое моделирование). В течение 30 лет ученые и специалисты сельского хозяйства выполняли работу по различным направлениям: анаэробное брожение, переработка жидкой фракции бесподстилочного и подстилочного навоза и аэробная ферментация. В результате аэробная ферментация оказалась более экономически выгодной в производстве и высокоэффективной при использовании в земледелии ее продукта – почвенно-биологического комплекса (ПБК). При внесении его в почву (6 т/га) происходит обогащение 600 кг органического вещества, что эквивалентно эффекту 40 т/га традиционного компоста. Основной результат работы – решение авторов использовать в качестве научной гипотезы аэробной ферментации микробиологическое сообщество как основы всего процесса. Разработанная технология успешно прошла государственные испытания на двух машинно-испытательных станциях. Эффективность применения ПБК подтверждена опытами Федерального исследовательского центра «Немчиновка» на полях Липецкой области при выращивании картофеля.

**Ключевые слова:** перспективная технология аэробной ферментации, почвенно-биологический комплекс, микробиологическое сообщество, техническое перевооружение, кустовая система

## PROMISING TECHNOLOGY FOR AEROBIC FERMENTATION OF BY-PRODUCTS FROM AGRICULTURE AND OTHER INDUSTRIES

V.I. Zenikov, PhD in Engineering Sciences, Senior Researcher  
Federal Research Center «Nemchinovka», Odintsovo, Moscow region, Russia  
E-mail: ilios-astro@bk.ru

**Abstract.** We were tasked with developing a technology for the production of organic fertilizers, which would eliminate the disadvantages of the currently used methods of their production. In addition to theoretical research, we have carried out a lot of work on the experimental study of all methods and the quality of fertilizers obtained, applied the latest tools in research of this type, for example, computer modeling of the dynamic mixing process and a thorough microbiological study of various samples of organic fertilizers and their components. In addition to the above-mentioned research methods, we have applied physical and mathematical modeling and an extensive system of microfield experiments. The work has been carried out for almost 30 years by a large number of scientists and agricultural specialists in various fields: anaerobic fermentation, processing of liquid fraction, bespodstilochny and litter manure and aerobic fermentation. As a result, aerobic fermentation turned out to be more economically profitable in production and highly effective when using its product in agriculture – the soil biological complex (PBK). For example, PBK, when applied to the soil of 6 t/ha, enriches it with 600 kg of organic matter, which is equivalent to the effect of 40 t/ha of traditional compost. The main result of the work was the authors' decision to use the microbiological community as the basis of the whole process as a scientific hypothesis of aerobic fermentation. The developed technology has successfully passed state acceptance tests at 2 machine testing stations and is recommended for use in agriculture. The effectiveness of PBK application has been confirmed in CJSC State Farm named after Lenin» in the research of the Federal Research Center «Nemchinovka» in the fields of the Lipetsk region when growing potatoes by McCain and other farms.

**Keywords:** promising technology for aerobic fermentation, soil biological complex, microbiological community, technical re-equipment, bush system

Любая проведенная работа в области науки и техники со временем требует изменений и улучшений.

Цель исследований – показать, что после теоретических, экспериментальных, опытно-конструкторских работ, заканчивающихся государственными приемочными испытаниями с положительной рекомендацией о широком применении технологии аэробной ферментации в практике сельского хозяйства РФ, возможно существенное улучшение технологического процесса. Оно должно происходить по двум направлениям: коренной пересмотр микробиологического сообщества для увеличения эффективности почвенно-биологического комплекса (ПБК) в борьбе с сорной растительностью и болезнями

растений; техническое перевооружение технологического процесса для снижения трудовых и финансовых затрат при реализации технологии аэробной ферментации.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2016 году силами двух машиноиспытательных станций (Центральная и Подольская) на базе племзавода «Слободской» (п. Павловская Слобода Московской области) были проведены государственные приемочные испытания технологии производства почвенно-биологического комплекса с рекомендацией о применении ее в сельском хозяйстве.

Технологию аэробной ферментации, лежащую в основе производства почвенно-биологического комплекса, разрабатывали ученые и специалисты различных институтов сельского хозяйства и Российской академии наук.

Цель технологического процесса ферментации – выращивание микроорганизмов в оптимальных условиях. Была проделана большая экспериментальная работа по установлению этих условий на различных видах основного сырья (навоз КРС и свиной, птичий помет). Полученный в результате аэробной ферментации почвенно-биологический комплекс оказался высокоэффективным удобрением. Одновременно были выявлены дополнительные свойства ПБК. Компост подавляет сорную растительность до 20% и некоторые болезни почвы и растений до 80%. Доза внесения ПБК в почву (6...7 т/га) эквивалентна по усвоению органического вещества 40 т/га традиционного компоста, производимого в буртах. ПБК не содержит семян сорняков и болезнетворных бактерий.

При систематическом применении ПБК организмов будет увеличиваться и одновременно снижаться доза его внесения при сохранении того же эффективного влияния на плодородие почвы.

По данным академика РАН В.А. Захаренко потери урожайности от бактерий составляют до 32,5%, сорняков – до 38,3%. ПБК на 30% снижает болезни растений, на 25% сорную растительность, что позволяет дополнительно получить 30...40 млн т зерновых единиц урожая.

Мы нашли причину низкой эффективности традиционного компоста в буртах. Совместно с Институтом прикладной математики имени Келдыша было проведено компьютерное моделирование динамического процесса перемешивания существующими агрегатами. Установлено, что ни один из них, даже в случае многократного перемешивания, не обеспечивает требуемую равномерность смеси (10...15%). Это создает условия для протекания в бурте различных отрицательных процессов (плесневение, гниение, аммонификация и другие).

Широкие перспективы у технологии аэробной ферментации будут обеспечены развитием микробиологического направления. Почвенно-биологический комплекс обладает свойствами удобрения, фунгицида и гербицида. Исследования академика РАН И.А. Тихановича о взаимодействии между почвенными микроорганизмами и их сообщества с растениями дает основание предположить, что достигнутые показатели ПБК не предельные. По нашему мнению, эту проблему необходимо изложить в форме Федеральной программы, обеспечить ее финансирование и создать научные и материально-технические подразделения в институтах микробиологии и почвоведения. С помощью технологического оборудования осуществляют операции процесса приготовления ПБК: прием компонентов, транспортировка их к месту перемешивания, весовое дозирование, перемешивание, контроль температуры, транспортировка в биоконвертер, аэробная ферментация, выгрузка из биоконвертера и выдерживание в течение 10...12 дн. на открытой площадке (рис. 1). Оборудование производства ПБК включает: приемный бункер навоза, помета, шнековые транспортеры, тензодатчики весового дозирования, смеситель бункерного типа, шнек выгрузки из смесителя, мобильный погрузчик, биоконвертер с вентиляторов высокого давления.

Перспективная технология предлагает сокращение единиц оборудования и ускорение рабочего цикла производства партии ПБК.

Приемный бункер перспективной технологии должен быть не менее 8 м<sup>3</sup>. Из бункера навоз, помет транспортируют шнеком-смесителем, и длина его должна быть не менее 80 м. В шнек подается углеродосодержащий компонент (солома, торф, опилки) специальным транспортером для равномерного дозирования (рис. 2).

Перемешанную в них массу подают в горизонтальный шнек в верхней части биоконвертера, который транспортирует смесь в биоконвертер, постепенно его заполняя с помощью специального устройства,

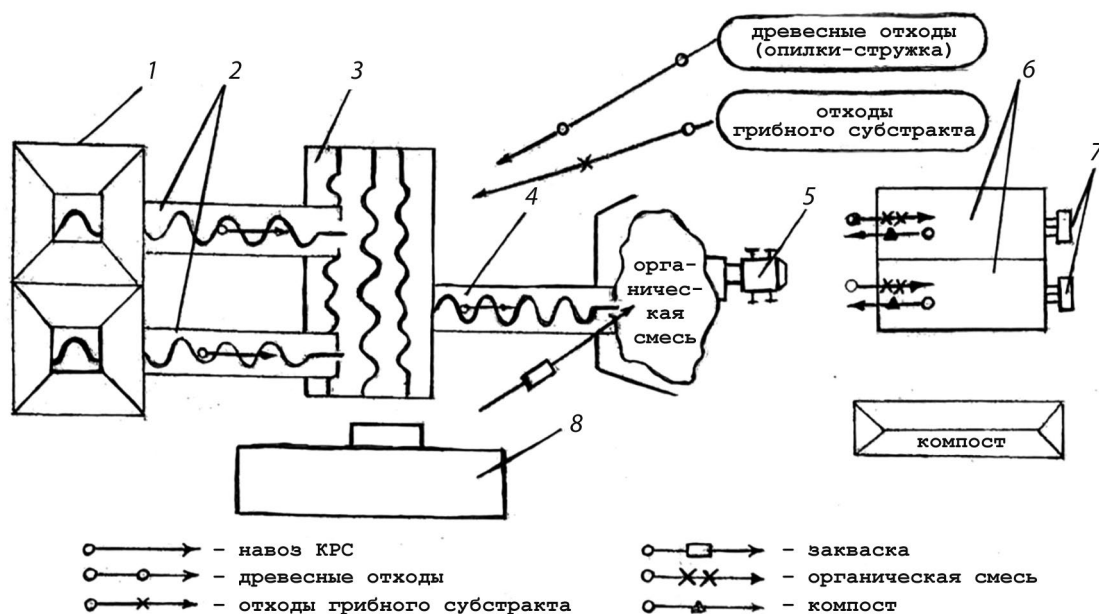


Рис. 1. Технологическая схема производства компоста: 1 – приемный бункер навоза; 2 – загрузочные транспортеры; 3 – смеситель РСР-10; 4 – отгрузочный транспортер; 5 – погрузчик ПУМ-500; 6 – биоконвертер; 7 – вентиляторы; 8 – служебное помещение.

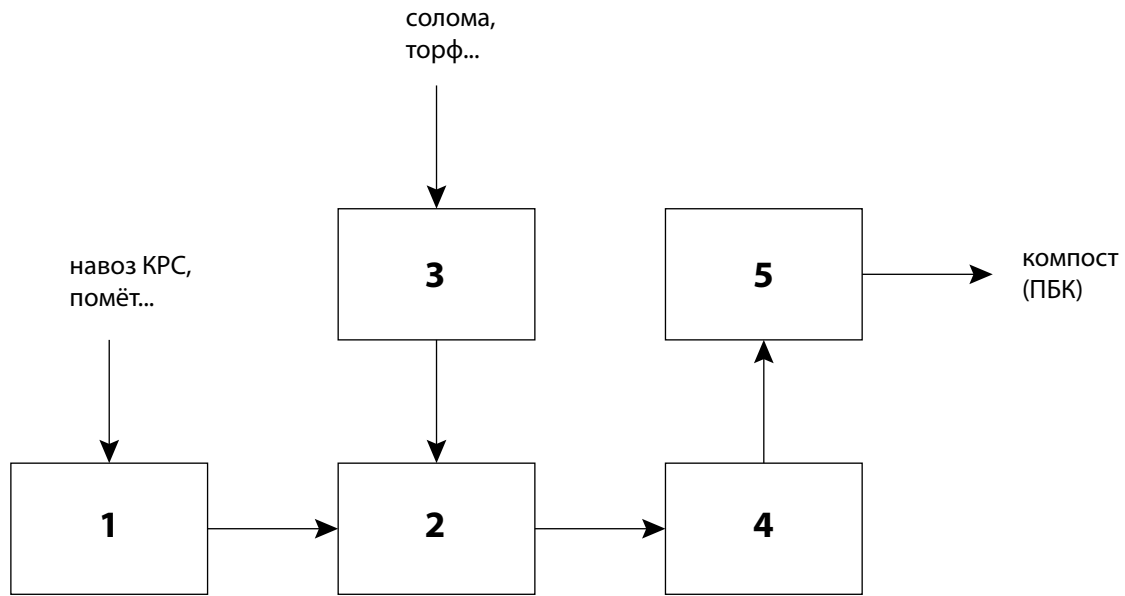


Рис. 2. Технологическая схема перспективной технологии аэробной ферментации: 1 – приемный бункер, 2 – шнек-смеситель, 3 – транспортер равномерной выдачи (Патент № 246151), 4 – шнек загрузки биоконвертера; 5 – биоконвертер (Патент № 2461511).

состоящего из батареи параллельных шнеков вдоль биоконвертера. Батарея может перемещаться по вертикали. При загрузке шнеки, включаясь поочередно, заполняют весь объем биоконвертера, при выгрузке все шнеки работают одновременно, постепенно опускаясь вниз до полного его освобождения.

Такая схема позволит исключить погрузчик из состава технического оборудования и обеспечит непрерывность технологического процесса. Погрузчик выполняет периодическую работу по доставке углеродосодержащего компонента. В другое время он занят на общехозяйственных объектах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Опыт внедрения технологии аэробной ферментации позволяет сформулировать основы системы производства ПБК, подчинив ее единой технологической схеме без отступлений с учетом особенностей каждого хозяйства. Специалисты-практики, переделывая ключевую технологию процесса и оборудования, устанавливают свои правила ведения процесса ферментации.

Для создания единой высокоэффективной системы производства ПБК с обеспечением качества продукта нами предложена система федерального производства и контроля.

В нее должны входить консультационная служба, аналитические лаборатории и специалисты по реализации технологии аэробной ферментации и применению ПБК.

Для дальнейшего совершенствования технологии и оборудования научно-производственные предприятия должны осуществлять координацию реализации технологии и производства ПБК в хозяйстве и способны выполнять НИР и ОКР.

В предлагаемую систему необходимо включить предприятия по изготовлению, ремонту и модернизации технологического оборудования.

Целесообразно организовать кустовые группы хозяйств с сотрудниками одного комплекса по произ-

водству ПБК. Эти кустовые предприятия включают в себя лаборатории по агрохимии и микробиологии и выдают рекомендации по составу смеси на основании анализов.

Кустовые предприятия-производители ПБК реализуют продукт хозяйства на договорных условиях. Большинство хозяйств предпочитают рассчитываться выращенной или другой произведенной продукцией. Но это может быть невыгодно для производителей ПБК. В таком случае следует принимать взаимовыгодные решения.

Кустовые научно-производственные предприятия осуществляют контроль качества ПБК, проводят полевые эксперименты по определению эффективных приемов их использования, оказывают консультационную помощь.

Ориентиром для формирования куста-производителя ПБК считают объем производства – 2500 т ПБК/нед. в рассыпном виде, так как это выгодно для продажи за рубеж. Маркетинг показал, что ПБК гарантированно можно продавать по минимальной цене 50...60 \$ США за тонну, в фасованном виде в пять-шесть раз дороже.

Производство ПБК позволит хозяйствам обеспечить свои посевы высокоэффективными удобрениями, а при продаже излишков получить немалую прибыль.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Теоретические аспекты разработки инновационной технологии ускоренного восстановления почвенного плодородия и техническое средство для ее реализации // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 61–67.
2. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Технико-экономическое обоснование систем переработки твердого навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения и их использование в растениеводстве // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». Агроинженерия. Экономика и организация производства в агропромышленном комплексе. 2013. № 2 (58). С. 80–85.

3. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Экономико-технологическое обоснование применения ресурсосберегающих технологий производства жидких концентрированных удобрений в Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 301–304.
4. Захаренко В.А. Экологическая оценка фитосанитарного состояния аргоекосистем в земледелии России // Агрохимия. 2003. № 5. С. 29–40.
5. Зеников В.И., Харламов Е.П., Глазков И.К. Технология ускоренного производства биокомпостов с использованием биоконвертеров. Брошюра ВНИПТИХИМ, Немчиновка, 2000.
6. Лачуга Ю.Ф., Зеников В.И. Новое направление в производстве органических удобрений // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 101–103.
7. Министерство сельского хозяйства РФ, Агропромышленный комплекс России. М., 2013. С. 217, 238, 244.
8. Новиков М.Н., Флорова Л.Д. Приемы повышения эффективности использования органических удобрений и сидератов в полевом севообороте. Владимир: ГНУ ВНИИОУ, 2014. С. 27–29.
9. Распоряжение Правительства РФ № 98-Р от 27.01.2015. «План первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015г.».
10. Фирсов С.А. Состояние плодородия почв Тверской области // Агрохимический вестник. 2011. № 5. С. 30–32.
11. Хрымов В.Д., Горелов А.А. Экспериментальные исследования аэратора буртов навоза // Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. 2012. № 4 (8). С. 54–55.
12. Центральная МИС. Протокол № 13-25-05 (1050013) от 07.12.2005. Солнечногорск, 2005.
1. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Teoreticheskie aspekty razrabotki innovacionnoj tekhnologii uskorenno go vosstanovleniya pochvenno go plodorodiya i tekhnicheskoe sredstvo dlya ee realizacii // Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal. 2015. № 1. С. 61–67.
2. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie sistem pererabotki tverdogo navoza zhivotnovodcheskikh predpriyatij v vysokokachestvennyye organicheskie udobreniya i ih ispol'zovanie v rastenievodstve // Vestnik FGBOU VPO «MGAU im. V.P. Goryachkina». Agrozhenneriya. Ekonomika i organizaciya proizvodstva v agropromyshlennom komplekse. 2013. № 2 (58). С. 80–85.
3. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Ekonomiko-tekhnologicheskoe obosnovanie primeneniya resursosberegayushchih tekhnologij proizvodstva zhidkih koncentrirovannyh udobrenij v Rostovskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3 (53). С. 301–304.
4. Zaharenko V.A. Ekologicheskaya ocenka fitosanitarnogo sostoyaniya argoekosistem v zemledelii Rossii // Agrohimiya. 2003. № 5. С. 29–40.
5. Zenikov V.I., Harlamov E.P., Glazkov I.K. Tekhnologiya uskorenno go proizvodstva biokompostov s ispol'zovaniem bio-konverterov. Broshyura VNIPTIHIM, Nemchinovka, 2000.
6. Lachuga Yu.F., Zenikov V.I. Novee napravlenie v proizvodstve organicheskikh udobrenij // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 4. С. 101–103.
7. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva RF, Agropromyshlennyj kompleks Rossii. М., 2013. С. 217, 238, 244.
8. Novikov M.N., Florova L.D. Priemy povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya organicheskikh udobrenij i sideratov v polevom sevooborote. Vladimir: GNU VNIIOU, 2014. С. 27–29.
9. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF № 98-R ot 27.01.2015. "Plan pervoocherednyh meropriyatij po obespecheniyu ustojchivogo razvitiya ekonomiki i social'noj stabil'nosti v 2015 g.".
10. Firsov S.A. Sostoyanie plodorodiya pochv Tverskoj oblasti // Agrohimicheskij vestnik. 2011. № 5. С. 30–32.
11. Hrymov V.D., Gorelov A.A. Eksperimental'nye issledovaniya aeratora burtovo go navoza // Mekhanizaciya, avtomatizaciya i mashinnye tekhnologii v zhivotnovodstve. 2012. № 4 (8). С. 54–55.
12. Central'naya MIS. Protokol № 13-25-05 (1050013) ot 07.12.2005. Solnechnogorsk, 2005.

**REFERENCES**

*Поступила в редакцию 14.02.2024  
Принята к публикации 28.02.2024*