

## НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Юрий Фёдорович Лачуга<sup>1</sup>, академик РАН, профессор  
Владимир Иванович Зеников<sup>2</sup>, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

<sup>1</sup>Российская академия наук, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ООО ГПП по освоению новой техники и технологии «Веер», Московская обл., Россия

E-mail: ilios-astro@bk.ru

**Аннотация.** Существующие способы производства органических удобрений не позволяют эффективно решить проблему восстановления плодородия почв. Компьютерное моделирование процесса перемешивания в буртах различными агрегатами показало крайнюю неравномерность распределения частиц компоста. Усвоение органического вещества в почве при этом составляет менее 2%. Получивший широкое распространение способ компостирования во вращающихся барабанах ведет к выделению аммиака, что свидетельствует о процессе аммонификации, то есть разложению органического вещества под воздействием гнилостных, плесневых и других микроорганизмов. Такой компост наносит вред почве и урожаю. Предлагаем новое направление в производстве органических удобрений, основанное на культивировании в специальных помещениях микробиологического сообщества почвенных микроорганизмов, вырабатывающих ферменты, которые существенно ускоряют биохимические процессы формирования гумуса почвы.

**Ключевые слова:** органические удобрения, новое направление, компьютерное моделирование, аммонификация, почвенно-биологический комплекс, аэробная ферментация

## NEW DIRECTION IN ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION

Yu.F. Lachuga<sup>1</sup>, Academician of the RAS, Professor  
V.I. Zenilov<sup>2</sup>, PhD in Engineering Sciences, Senior Researcher

<sup>1</sup>Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>LLC GPP for the development of new equipment and technology "Fan", Moscow Region, Russia

E-mail: ilios-astro@bk.ru

**Abstract.** Our analysis of existing methods of production of organic fertilizers does not allow us to effectively solve the problem of reproduction of soil fertility. Computer simulation of the mixing process in the burts by various aggregates showed the extreme unevenness of the distribution of particles of the resulting compost. The assimilation of organic matter in the soil is less than 2%. The recently widespread method of composting in rotating drums leads to the release of ammonia, which indicates the ongoing process of ammonification, which means that the decomposition of organic matter under the influence of putrefactive, moldy and other microorganisms. The resulting compost causes some damage to the soil and crop. A new direction in the production of organic fertilizers is proposed, based on the cultivation of soil microorganisms in special rooms of the microbiological community. These microorganisms, in turn, produce enzymes that significantly accelerate the biochemical processes in the formation of soil humus.

**Keywords:** new direction, computer modeling, ammonification, soil-biological complex, aerobic fermentation

Существующие способы производства органических удобрений не позволяют эффективно решить проблему восстановления плодородия почв. [1, 3, 5, 7, 8] Необходимо коренное улучшение положения данного направления в сельском хозяйстве. Суть перспективной технологии в новой подготовке органической смеси (навоз, помет, солома, опилки и другое) с высокой степенью перемешивания в биоконвертере сообщества почвенных микроорганизмов. [2, 4, 6, 9]

Цель работы – на основе анализа способов производства органических удобрений и с учетом их недостатков экспериментально и практически разработать новую технологию, принципиально отличную от существующих.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основные технологии созданы в НИИ удобрений и агрохимии (г. Москва), НИИ органических удобрений (г. Владимир). Способы производства

органических удобрений в современном сельском хозяйстве: в буртах, каналах, траншеях; цилиндрических вращающихся барабанах; культивационных сооружениях.

Для исследования процессов перемешивания компоста в буртах, каналах, траншеях был применен метод компьютерного моделирования. Совместно с Институтом прикладной математики РАН (М.В. Якововский) разработаны техническое задание и методика.

Сначала все технические средства, применяемые для ворошения буртов, были систематизированы.

Основные недостатки: сезонность процесса компостирования и низкий коэффициент использования площади (до 50%); некачественное смешивание компонентов (неравномерность до 70%); капитальные вложения выше на 98%, эксплуатационные затраты – 32%, энергозатраты – 17% по сравнению с типовым проектом № 801-9-19.84; большие потери азота и органического вещества (до 30% и выше); мезофильный процесс компостирования с температурой 55...60°C (в центре бурта 35...40% объема) не

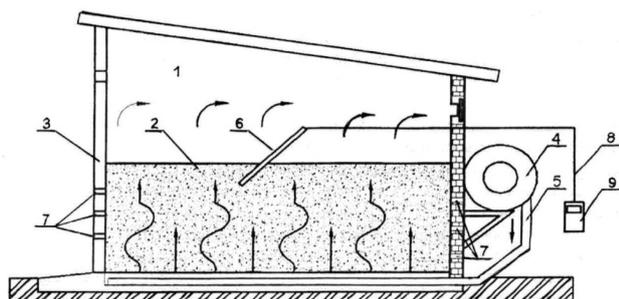


Рис. 2. Камерный биоконвертер: 1 – камера, 2 – компостируемая смесь, 3 – ворота, 4 – вентилятор напорный, 5 – система напорных воздухопроводов, 6 – штанга кислородомера, 7 – отверстия для замера температуры, 8 – гибкий шланг, 9 – кислородомер.

обеспечивает уничтожение семян сорняков и возбудителей болезней; невысокое качество компоста, доза внесения – до 40 т/га; продолжительность компостирования – до 180 сут.

Воршители типа «ВАСКНУС А 45-65» и барабанные, ленточные транспортеры не повлияли на распределение частиц в сечении исходного бурта. Наибольшую неравномерность показал наклонный шнек – 43%.

Ни один из применяемых в стране и мире агрегатов не обеспечивает требуемую равномерность. Неравномерность компоста отрицательно влияет на плодородие почвы, сроки созревания урожая, величину и его качество.

Для переработки органического сырья в сельскохозяйственном производстве применяют вращающиеся барабаны (рис. 1, 3-я стр. обл.).

При практическом применении барабанных установок в процессе работы выделяется аммиак, что свидетельствует о протекании внутри барабана процесса аммонификации. Аммиак образуется при разложении органического вещества гнилостными, плесневыми и другими микроорганизмами. Применение таких удобрений наносит вред почве и урожаю.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Перспективны технологии аэробной ферментации в специальных камерах-биоконвертерах (рис. 2).

Главные преимущества: возможность управления микробиологическим процессом; продолжительность компостирования летом – 28...36 ч, зимой – 72 ч; неравномерность смеси ниже 20%; высокая температура компостирования – до 82,2°С; качественный компост (доза внесения 6...7 т/га); снижение количества сорняков до 20%; уменьшение заболеваемости растений – 20...80%.

Основа способа компостирования в культивационных сооружениях – микробиологическое сообщество, полученное в результате аэробной ферментации, для осуществления которой требуются технологические параметры: влажность исходной смеси 70<sup>+2</sup><sub>-5</sub>%, что позволяет существенно снизить расход углеродосодержащего компонента (солома, опилки, пожнивные остатки); состав компостируемой смеси рассчитывается по формуле:

$$C_T = \frac{C_H (W_H - W_{CM})}{W_{CM} - W_0}, \quad (1)$$

где:  $W_0$ ,  $W_H$ ,  $W_{CM}$  – влажность опилок, навоза и смеси соответственно;  $C_T$  – масса влагопоглощающего компонента (опилки);  $C_H$  – масса навоза (помет).

Мы предлагаем новую формулу расчета состава смеси (показатели в долях сухого вещества):

$$\frac{C_H + x}{N_H + x \frac{N_K}{C_K}} = 25, \quad (2)$$

где:  $C_H$  – содержание углерода в навозе;  $N_H$  – содержание азота в органическом компоненте;  $N_K$  и  $C_K$  – количество азота и углерода в добавленном компоненте смеси;  $x$  – содержание добавленного углерода в органическом компоненте..

Расчет для конкретных показателей представлен в таблице.

Таким образом, экономия влагопоглощающего материала, рассчитанная по формуле 2, составляет 10,5% при влажности навоза 76 и 30,17% при 78%. При дальнейшем повышении влажности навоза экономия возрастает многократно. Качество готового компоста зависит от равномерности смешивания компонентов. Она должна быть в пределах 10...15%. Компостирование продолжается до максимальных температур 75...82°С. Необходимо внесение в компостируемую смесь сообщества почвенных микроорганизмов.

Приготовленный по новой технологии компост назван почвенно-биологическим комплексом (ПБК). Полученное сообщество почвенных микроорганизмов продуцирует ферменты (протеаза, уреазы, дегидрогеназа, фосфатаза и другие), ускоряющие сложные биохимические процессы перехода органического вещества в гумус в 10<sup>10</sup>...10<sup>13</sup> раз. Образование ферментов в результате аэробной ферментации существенно отличает технологию от существующих способов производства органических удобрений. Это новое направление – основное в воспроизводстве плодородия почв и залог устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Впервые в стране на двух машинно-испытательных станциях (Центральная и Подольская) была испытана новая технология и рекомендована к внедрению в сельское хозяйство. Технология апробирована на нескольких фермах КРС и птицефабриках, в частности, в течение семи лет в ЗАО «Совхоз имени Ленина».

Проведенные теоретические, экспериментальные, хозяйственно-практические работы и государственные приемочные испытания дают основания и гарантии для широкого применения в сельском хозяйстве новой технологии, определяющей перспективное направление в производстве органических удобрений.

### Сравнительные показатели расчетов состава смеси

Показатель	Формула (1)		Формула (2)	
	76	78	76	78
Влажность навоза, %	76	78	76	78
Доля углерода, добавленного к навозу	—	—	0,068	0,0613
Доля опилок, добавленных к навозу	0,2	0,232	0,0179	0,162
Экономия			0,021	0,07

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.И. и др. Биологические основы плодородия почвы. М., 1984. 280 с.
2. Заварзин В.М. Фенотипическая систематика бактерий. М., 1974. 130 с.
3. Захаренко В.А. Экологическая оценка фитосанитарного состояния агроэкосистем в земледелии России // Агрохимия. 2003. № 5. С. 29–40.
4. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 265 с.
5. Марченко Н.М., Личман Г.И. и др. Механизация внесения органических удобрений. М.: Агропромиздат, 1990. 207 с.
6. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 342 с.
7. Мишустин Е.Н. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. М.: Наука, 1985. 270 с.
8. Сдобников С.С. Роль органических удобрений в повышении плодородия почвы и интенсивности земледелия // Плодородие почвы и пути его повышения. М.: Колос, 1983. С. 146–153.
9. Умаров М.М. Роль микроорганизмов в газообразных потерях азота из почвы. Удобрения и мелиоранты в агроэкосистеме. Издательство Московского университета, 1998. 44 с.

## REFERENCES

1. Beresteckij O.A., Voznyakovskaya Yu.M., Dorosinskij L.I. i dr. Biologicheskie osnovy plodorodiya pochvy. M., 1984. 280 s.
2. Zavarzin V.M. Fenotipicheskaya sistematika bakterij. M., 1974. 130 s.
3. Zaharenko V.A. Ekologicheskaya ocenka fitosanitarnogo sostoyaniya argoekosistem v zemledelii Rossii // Agrohimiya. 2003. № 5. S. 29–40.
4. Krasil'nikov N.A. Mikroorganizmy pochvy i vysshie rasteniya. M.: Izd-vo AN SSSR, 1958. 265 s.
5. Marchenko N.M., Lichman G.I. i dr. Mekhanizaciya vneseniya organicheskikh udobrenij. M.: Agropromizdat, 1990. 207 s.
6. Mishustin E.N. Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya. M.: Nauka, 1972. 342 s.
7. Mishustin E.N. Mineral'nyj i biologicheskij azot v zemledelii SSSR. M.: Nauka, 1985. 270 s.
8. Sdobnikov S.S. Rol' organicheskikh udobrenij v povyshenii plodorodiya pochvy i intensivnosti zemledeliya // Plodorodie pochvy i puti ego povysheniya. M.: Kolos, 1983. S. 146–153.
9. Umarov M.M. Rol' mikroorganizmov v gazoobraznyh poteryah azota iz pochvy. Udobreniya i melioranty v agroekosisteme. Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1998. 44 s.

*Поступила в редакцию 28.04.2023*

*Принята к публикации 12.05.2023*

## Рисунки к статье Баматова И.М. «Использование полимеров в организации новых систем питания растений» (стр. 10)

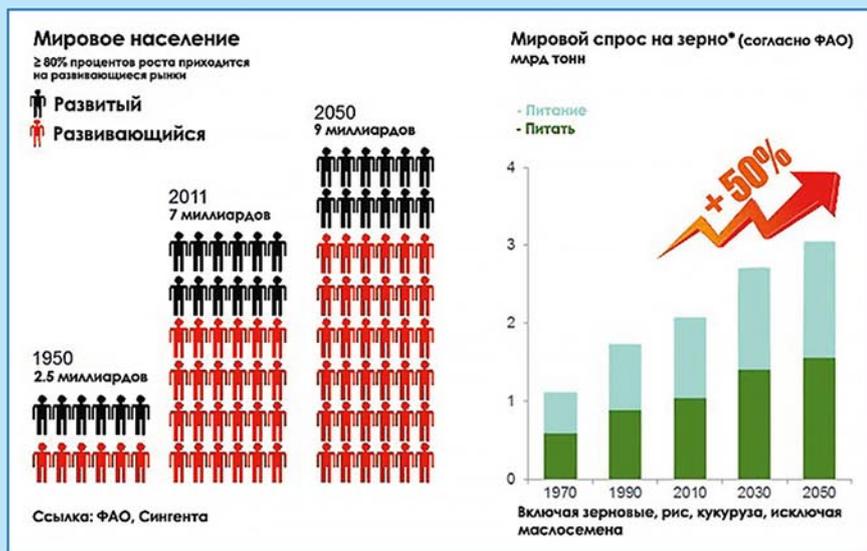


Рис. 1. Прогноз потребления продуктов питания населением Земли.

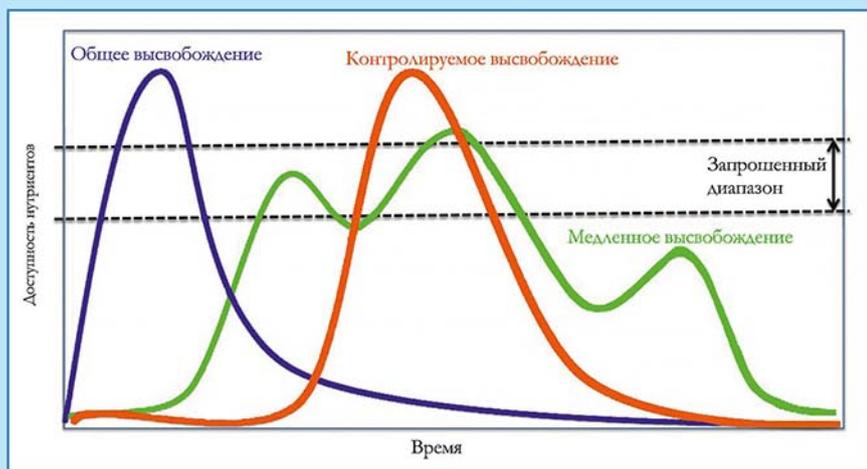


Рис. 2. Схематическая иллюстрация доступности питательных веществ во времени в соответствии с различными системами высвобождения. [18]

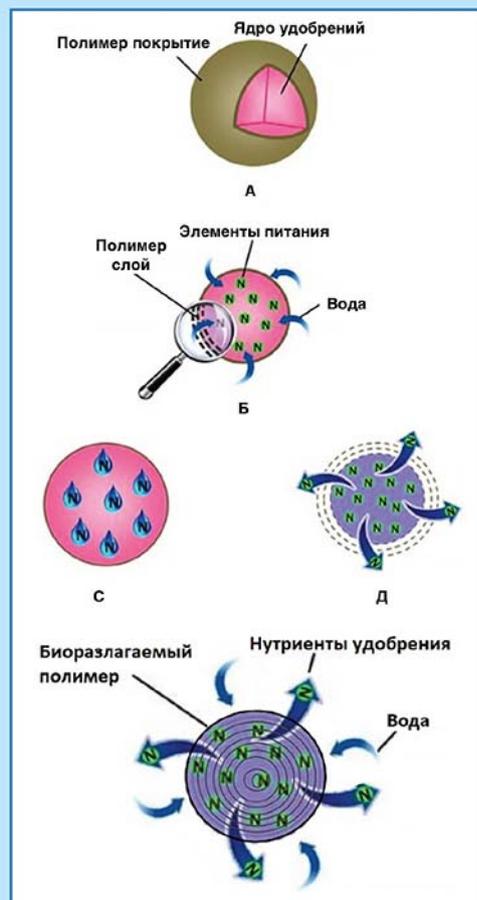
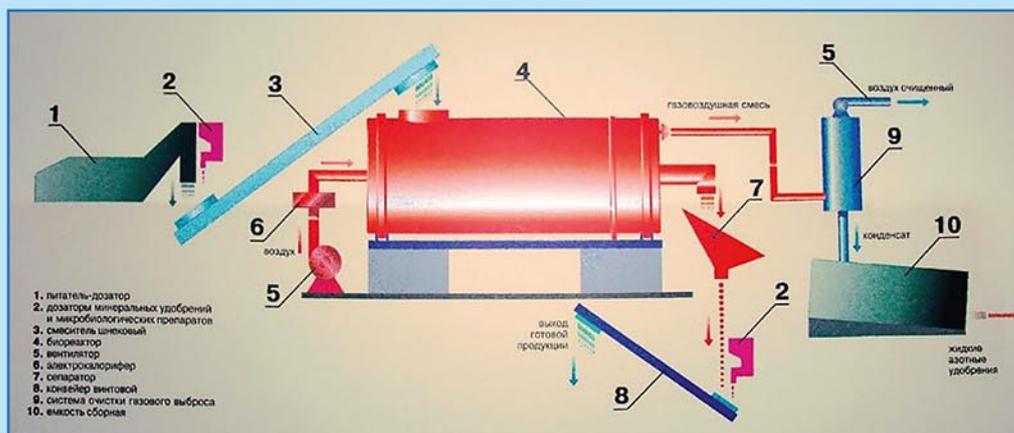


Рис. 3. Схематическая иллюстрация высвобождения минеральных элементов CRF и SRF: А – ядро удобрения с полимерным покрытием; Б – вода проникает в покрытие и гранулу ядра; С – растворение удобрения и развитие осмотического давления; Д – контролируемое высвобождение питательных веществ через набухшую оболочку.

## Рисунки к статье Лачуги Ю.Ф., Зеникова В.И. «Новое направление в производстве органических удобрений» (стр. 101)



Технологическая схема переработки органического сырья во вращающихся барабанах.