

резание с числом оборотов 1200 мин.<sup>-1</sup>, подачей 0,4 м/с, с прямой формой лезвий ножей и наклоном стеблей 28°.

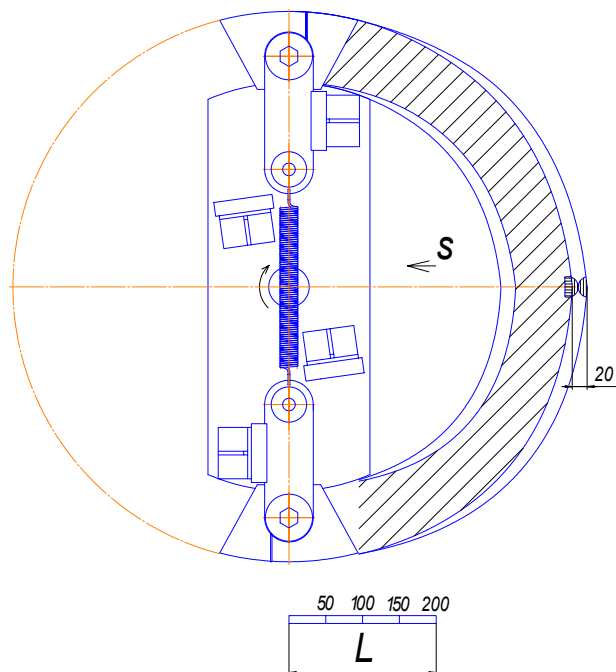


Рис. 4. Траектория лезвий ножей измельчителя с наименьшими затратами мощности на единицу длины активной части лезвия

#### Заключение

Построены схема работы ротационно-дискового измельчителя с уравнениями движения точек ножей; траектория лезвий ножей, которой соответствует наимень-

ший расход мощности и траектория лезвий ножей измельчителя с наименьшими затратами мощности на единицу длины активной части лезвия для кукурузы, подсолнечника и кустарниковой поросли кле-на. Опытные данные (значения мощности), полученные при испытании ножей на экспериментальной установке, хорошо согласуются со значениями, приведёнными в статье.

#### Библиографический список

1. Будашов И.А. Ротационно-дисковый измельчитель толстостебельных культур: энергоёмкость эксплуатации / И.А. Будашов // Новые материалы и технологии в машиностроении: сб. тез. Всерос. науч.-техн. конф. (23-24 ноября 2006 г.) / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2006. – 128 с.
2. Турбин Б.Г. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчёт / Б.Г. Турбин, А.Б. Лурье, С.М. Григорьев, Э.М. Иванович, С.В. Мельников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1987.
3. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах; под ред. Е.С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977.



УДК 631.3:636.5

М.В. Запевалов,  
С.М. Запевалов

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

**Ключевые слова:** технология, птичий помет, минеральные компоненты, органоминеральное удобрение, качество смешения, баланс, урожайность.

#### Введение

Удовлетворение потребности населения продуктами питания – главная задача агропромышленного комплекса страны. Определяющая роль в выполнении этой

задачи отводится растениеводству, где повышение урожайности сельскохозяйственных культур при минимальных затратах ресурсов на их производство возможно только на основе применения районированных высокоурожайных сортов, защиты растений от болезней, вредителей, сорняков и применения эффективных удобрений. К сожалению, эти факторы зачастую не учитываются.

В настоящее время в России средняя доза внесения удобрения на 1 га посевов не превышает 26 кг действующего вещества (д.в). В 1990 г. этот показатель составлял около 90 кг д.в. Еще хуже обстоит дело в областях Уральского региона и в Челябинской области в частности, где в среднем на 1 га посевов вносится не более 9 кг д.в. минеральных туков (рис. 1). Объемы внесения органических удобрений, также не удовлетворительные, на 1 га посевов вносится около 0,1 т.

Основной причиной неудовлетворительного применения удобрения является диспаритет цен на сельскохозяйственную продукцию и минеральные удобрения. На покупку 1 т. удобрений требуется продать 4-5 т пшеницы. Чаще всего источником органических удобрений является животноводство, которое в большинстве сельскохозяйственных предприятий прекратило свое существование. Как следствие сокращения применения удобрений, за последнее десятилетие средняя урожайность яровой пшеницы по области не превышала 14 ц/га. В то время как при-

родно-климатические условия позволяют получать до 40-45 ц/га. Данная проблема может быть разрешена при использовании органоминерального удобрения, которое по своим удобрительным свойствам не уступает минеральным удобрениям, а по стоимости существенно ниже.

#### Объект и методы исследования

Одной из самых рентабельных отраслей сельского хозяйства является птицеводство. За последние годы в Челябинской области произошел существенный рост производства яйца и мяса птицы. С увеличением количества птицефабрик и поголовья птицы увеличился и выход побочного продукта – птичьего помета. Годовой выход помета с птицефабрик области составляет более 400 тыс. т. Помет относится к 3-й группе опасных веществ, которые, скапливаясь в помехранилищах, угрожают огромным вредом окружающей среде, особенно в период половодья.

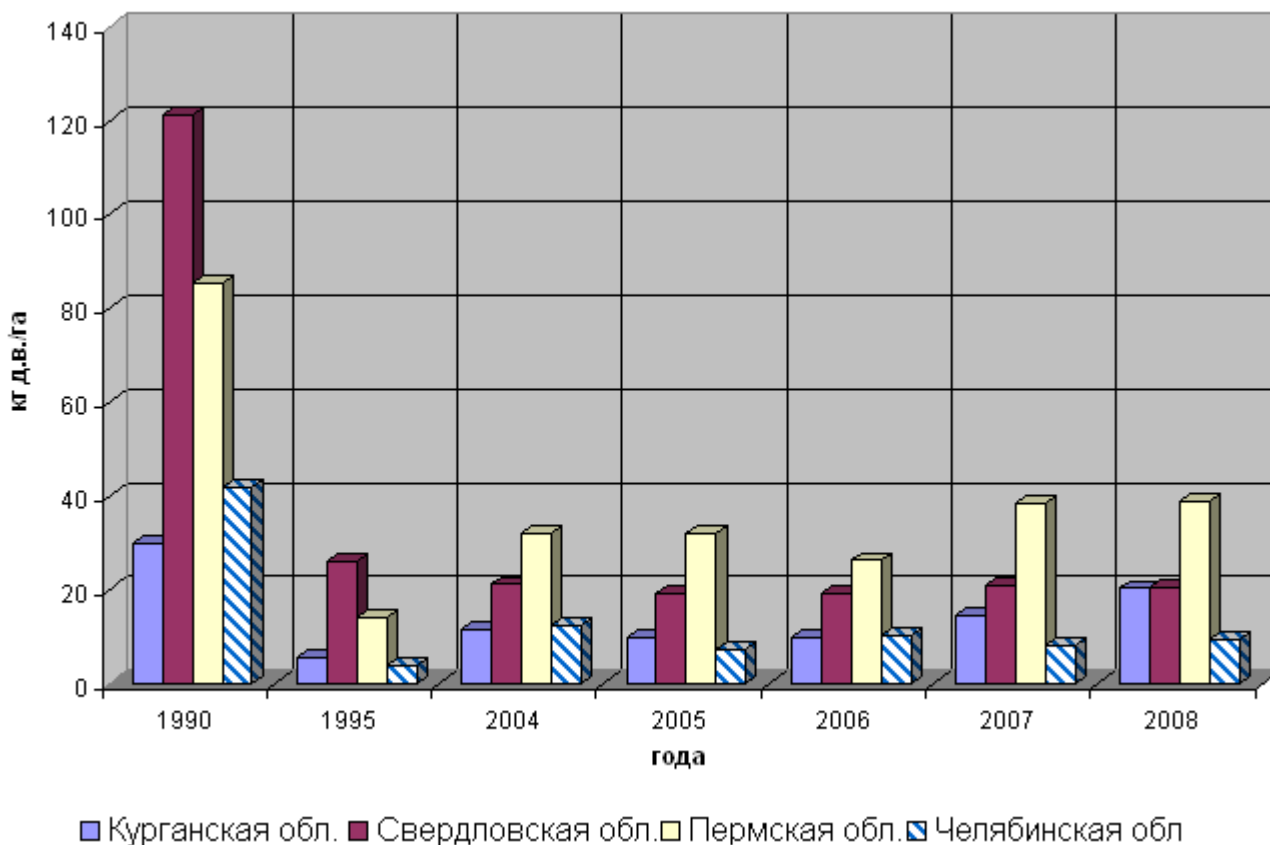


Рис. 1. Внесение минеральных удобрений на 1 га посевов (кг д.в./га) в Уральском регионе

В настоящее время известно и частично применяются около 15 способов утилизации отходов птицеводства и животноводства. Каждый из способов включает не менее двух технологий. Но ни одна из этих технологий не находят широкого применения, так как все они в основном направлены на обеззараживание помета и снижение отрицательного воздействия на окружающую среду в период его хранения, а не на получение востребованного продукта. Например, в начале 90-х годов прошлого столетия с целью решения проблемы утилизации помета на Челябинской и Еманжелинской птицефабриках была организована высокотемпературная его сушка. На территории фабрик были установлены поточные линии сушки помета с использованием барабанных сушилок, работающих на природном газе. Помет, переработанный таким образом, обезвожен, фасуется, имеет хороший товарный вид, может использоваться в качестве органических удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур. Однако данная технология не получила широкого применения. Причина этого – высокие затраты на переработку, а полученные удобрения являются неконкурентоспособными с минеральными туками, так как имеют низкое содержание питательных веществ (6-8% NPK). Затраты на применение данных удобрений не окупаются прибавкой урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

При производстве пометных удобрений необходим поиск решений, направленных на увеличение содержания питательных веществ, что приведет к снижению дозы внесения, а следовательно, и затрат, связанных с транспортировкой, хранением и внесением. Удобрение должно быть таким, чтобы его можно было вносить в почву существующей системой машин, а стоимость была ниже стоимости совокупных питательных веществ минеральных удобрений.

В Челябинской Агроинженерной академии более десяти лет ведется работа в этом направлении. Исследования показывают, что наиболее эффективным является совместное применение органических и минеральных удобрений, при внесении в почву которых питательные вещества используются растениями более полно и в течение всего вегетационного периода.

Учитывая современные требования к применению удобрений, был разработан и запатентован способ получения гранул

из пометно-минеральной смеси [1]. Способ предусматривает приготовление комплексных гранулированных органоминеральных удобрений на основе птичьего помета с добавлением дешевых минеральных компонентов – преимущественно отходов промышленного производства. Для реализации способа разработана технология производства удобрения, которая должна стать важным звеном в общей технологической цепи всего птицеводческого предприятия.

При организации производства органоминеральных удобрений необходимо учитывать объем сырьевых ресурсов, их удаленность, способы транспортировки к месту переработки и приготовления готовой продукции. Немаловажную роль при производстве удобрений играет уровень механизации технологических процессов, их согласованность. Данные показатели оказывают существенное влияние на качество и себестоимость получаемых удобрений.

#### Результаты и их обсуждение

Для производства органоминеральных удобрений предполагается применение бесподстилочного помета исходной влажности. После удаления помета из птичника производится его обработка стабилизатором. Это позволяет, с одной стороны, произвести химическое обеззараживание помета, а с другой – предотвратить потери азота.

В результате смешивания помета с минеральными компонентами удастся без дополнительных затрат энергии почти наполовину снизить влажность помета и существенно увеличить содержание питательных веществ. При этом доля помета в полученных удобрениях составляет не менее 50%.

В качестве минеральных компонентов предполагается применение фосфатных руд, залежи которых имеются на территории Челябинской области, сульфата аммония, являющегося отходом производства металлургических предприятий. Для стабилизации питательных веществ в помете предполагается применение раствора серной кислоты, которая также – отход местных предприятий.

Технология приготовления органоминеральных удобрений предусматривает выполнение четырех взаимосвязанных технологических процесса – подготовки минеральных компонентов, стабилизации питательных веществ в помете, пригото-

ления органоминеральной смеси и гранул. Схема технологической линии производства органоминеральных удобрений представлена на рисунке 2. В зависимости от типа устройства гранулирование производится либо при исходной влажности с последующим досушиванием гранул до влажности 14-15%, либо смесь досушивается до влажности 20-22% и гранулируется с последующим охлаждением гранул.

Данная технология позволяет в полном объеме решить проблему утилизации птичьего помета на птицефабриках, обеспечить растениеводство качественными и дешевыми органоминеральными удобрениями [2].

Особая роль при приготовлении органоминеральных удобрений отводится качеству смешения помета с вводимыми в него минеральными компонентами. Идеальной является смесь, для которой вероятность присутствия каждого из компонентов в любой точке ее объема остается постоянной.

Органоминеральная смесь состоит как минимум из 3 компонентов, один из которых – птичий помет при влажности 60-65%, высоковязкий компонент, а остальные сыпучие.

Птичий помет является основным компонентом, в который происходит поочередное введение минеральных компонентов. В этом случае процесс смешения будет считаться двухкомпонентным, а содержание минерального компонента в помете – величиной случайной.

Общее количество органоминеральной смеси  $G$  должно равняться сумме долей смешиваемых компонентов по массе  $g_i$ , т.е.:

$$\sum_{i=1}^N g_i = G. \quad (1)$$

Оценкой качества перемешивания является степень гомогенизации полученной массы. При этом качество смеси определяется отбором пробы. Масса отобранной пробы должна равняться сумме массы помета  $\Pi$  и минерального компонента  $M$ .

Отклонение частот по массе компонентов  $M_i$  и  $N_i$  определится как:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (\Pi_i - \Pi)^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (M_i - M)^2} \quad (2)$$

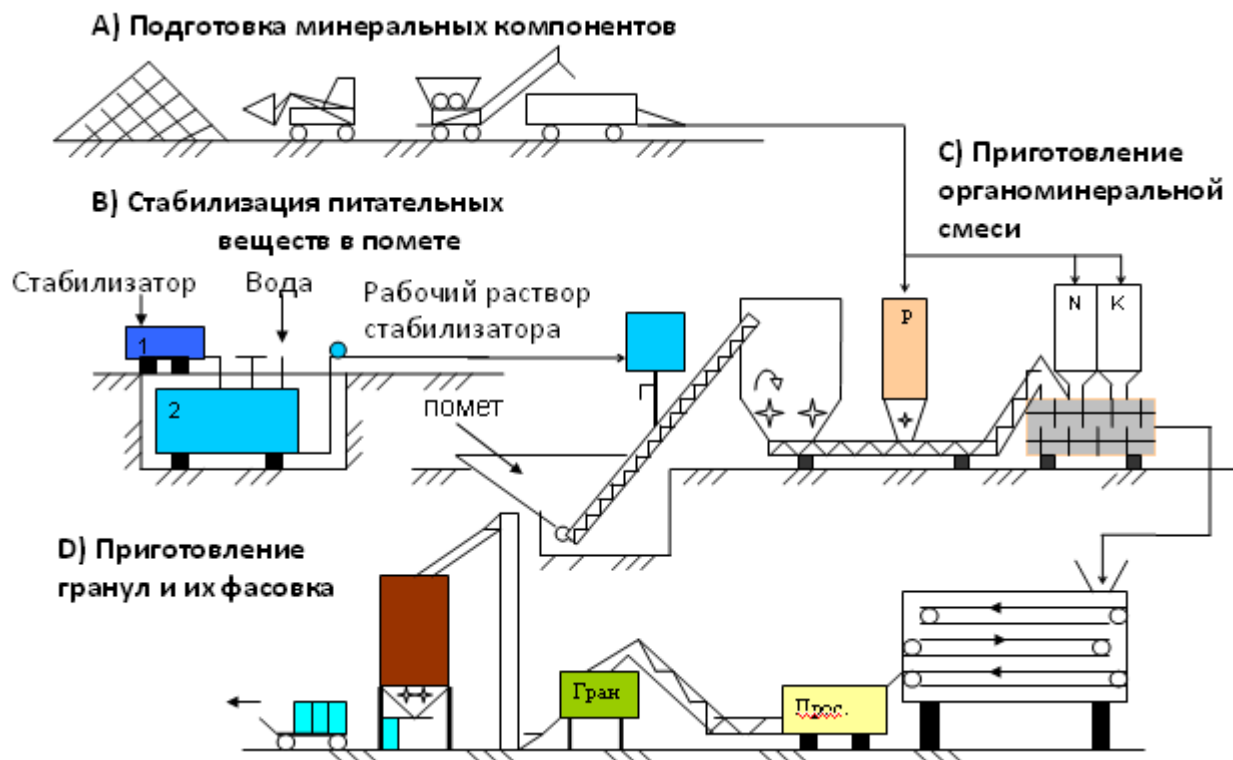


Рис. 2. Технология производства гранулированных органоминеральных удобрений

Неоднородность перемешивания помета с минеральными компонентами определяется коэффициентом вариации:

$$\bar{C}_v = \frac{\sigma}{N} \cdot 100. \quad (3)$$

Эффективность смешивания будет зависеть от физико-механических свойств компонентов, а также от параметров и режимов работы смесителя. Чем меньше коэффициент вариации, тем качество смеси выше.

Требования к качеству смесей при производстве разной продукции могут соответствовать разным значениям коэффициента вариации, например, при приготовлении строительных смесей, где требования к ним сравнительно высокие, качество смешения считается удовлетворительным

при  $\bar{C}_v = 6-8\%$ , хорошим – при 4-6, очень хорошим – менее 4% [3]. По нашему мнению, при приготовлении органоминерального удобрения  $\bar{C}_v$  должно быть не более 6%.

Количественные и качественные изменения, которые происходят с компонентами в процессе смешивания, могут быть описаны уравнениями материальных балансов.

Произведение количества компонента  $g$  на содержание в нем питательных веществ  $Z$  можно назвать питательностью  $Z_e$ .

$$Z_e = g_i Z_i. \quad (4)$$

Используя это понятие, качественный баланс полученного удобрения можно описать уравнениями:

$$Z_{ey} = Z_{e1} + Z_{e2} + Z_{e3} + \dots + Z_{en} = \sum_1^n Z_{ei}, \quad (5)$$

где  $Z_{ey}$  – питательность полученного удобрения, %;

$Z_{e1}, Z_{e2}, Z_{en}$  – питательность компонентов, поступивших на смешивание, %.

Следовательно, качественный баланс приготовления органоминерального удобрения – это равенство питательности компонентов, поступивших на смешивание с питательностью полученного удобрения.

Содержание питательных элементов  $K_{NPK}$  в единице массы приготовленного удобрения будет составлять, %:

$$K_{NPK} = \frac{\sum_1^n Z_{ei}}{100}. \quad (6)$$

Минеральные компоненты, применяемые для приготовления органоминерального удобрения, в измельченном виде являются гигроскопичными, в результате чего часть влаги при добавлении в помет забирают на себя, снижая удельную влажность получаемой смеси.

Уравнение баланса влажности органоминеральной смеси в этом случае можно записать в виде:

$$W_E \frac{g_1 W_1 + g_2 W_2 + g_3 W_3 + \dots + g_i W_i}{g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_i} = \frac{\sum_1^n g_i W_i}{\sum_1^n g_i}, \quad (7)$$

где  $W_y$  – удельная влажность полученного органоминерального удобрения, %;

$W_1, W_2, W_3 \dots W_i$  – влажность каждого компонента, поступившего на смешивание, %;

$g_1, g_2, g_3 \dots g_i$  – количество каждого компонента, входящего в органоминеральную смесь, %.

На рисунке 3 представлена диаграмма количественно-качественного баланса питательных элементов, из которой следует, что при смешивании помета влажностью 60% с минеральными компонентами получена органоминеральная смесь влажностью 37,5% с общим содержанием основных питательных веществ 19,4%. После гранулирования и высушивания гранул до влажности 14% содержание питательных веществ в органоминеральном удобрении составляет 26,7%.

Количественно-качественный баланс позволяет:

- рассчитать и подобрать технологическое оборудование линии для приготовления органоминерального удобрения;
- рассчитать транспортное оборудование;
- рассчитать бункера для оперативного хранения компонентов и производительность дозаторов;
- сформировать технологические потоки компонентов на смешивание;
- определить предельный выход органоминерального удобрения по питательности и влажности.

Для оценки эффективности применения органоминеральных удобрений в Институте агроэкологии – филиале ЧГАА в

2007 г. проводились сравнительные полевые опыты по возделыванию пшеницы, овса, ячменя [4]. Результаты опытов при возделывании пшеницы представлены в таблице. Благоприятное соотношение тепла и влаги вегетационного периода 2007 г., достаточный потенциал плодородия почвы опытного поля позволили получить сравнительно высокий урожай даже на вариантах, где удобрения не вносились (контроль). В среднем выход зерна яровой пшеницы на контрольном варианте составил 1,89 т/га.

Применение минеральных туков и органоминеральных удобрений позволило

повысить выход зерна на 0,34-0,47 т/га, то есть на 18-25% относительно контроля. Проверка достоверности полученных результатов с использованием метода дисперсионного анализа подтвердила истинность различий. Это подтверждает нашу гипотезу о том, что созданные органоминеральные удобрения не уступают своим минеральным аналогам по прямому действию на урожайность культуры. В дальнейшем предполагается проверить последствие применения органоминеральных удобрений.

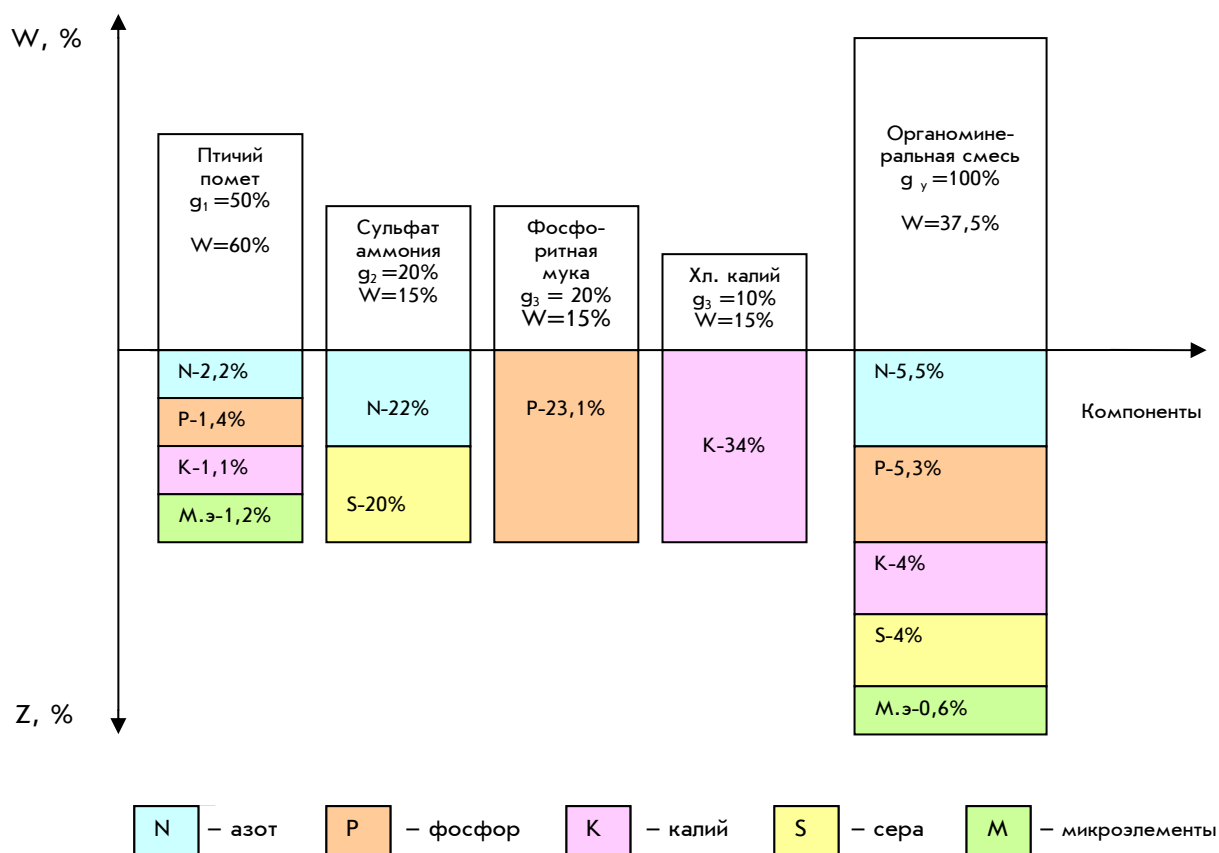


Рис. 3. Диаграммы количественно-качественного баланса органоминерального удобрения

Таблица

Влияние удобрений на урожай зерна яровой пшеницы, т/га

Вариант	Урожайность повтора, т/га				Средняя урожайность, т/га	Отклон. от контр., ±, т/га	% к контр	Отклон от NPK, ±
	I	II	III	IV				
1. Контроль	1,70	1,80	2,00	2,05	1,89	--	100	-0,46
2. NPK	2,55	2,40	2,30	2,15	2,35	+0,46	124	--
3. ОМУ	2,35	2,40	2,10	2,05	2,23	+0,34	118	-0,12
4. ОМУ×1,5	2,40	2,50	2,30	2,25	2,36	+0,47	125	+0,01
Критерий Фишера					$F_{теор} = 3,86$ $F_{факт} = 7,37$			$F_{теор} = 5,14$ $F_{факт} = 4,83$
НСР <sub>05</sub>					0,26	11,8 %		--

В 2008 г. в ООО «Красное поле», которое является подсобным хозяйством ООО «Равис – птицефабрика Сосновская», на паровом поле площадью 10 га были проведены сравнительные полевые опыты. Перед посевом яровой пшеницы на опытном участке вносилось органоминеральное удобрение в количестве 6 ц/га. На контроле пшеница возделывалась без удобрений. Урожайность на опытном участке составила 40 ц/га, средняя урожайность – контроле 30 ц/га.

#### Выводы

1. Разработанная технология позволяет производить в потоке утилизацию и переработку всего птичьего помета, удаляемого из птицеферм, в результате которой исключается загрязнение окружающей среды, а растениеводство обеспечивается эффективным удобрением, способным значительно повысить плодородие почвы.

2. Содержание питательных веществ органоминеральных удобрений может находиться в пределах от 26 до 35% и зависит от содержания питательных веществ в

смешиваемых компонентах, их процентного соотношения.

3. По удобрительным свойствам органоминеральные удобрения на основе птичьего помета не уступают минеральным тукам, достоверная прибавка урожайности при возделывании яровой пшеницы составляет 18-25%.

#### Библиографический список

1. Патент на изобретение № 2189962. Способ получения гранул из пометно-минеральной смеси.

2. Запевалов М.В. Эффективность применения птичьего помета в качестве удобрения / М.В. Запевалов, Ю.М. Наумов // Вестник ЧГАУ. – 2002. – Т. 37. – С. 118-119.

3. Еремин Н.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов / Н.Ф. Еремин. – М.: Высш. шк., 1986. – 280 с.

4. Отчет о НИР. Совершенствование технологии утилизации и переработки птичьего помета. – Челябинск, 2007. гос. рег. номер 01.2.007 05723.



УДК 534.2.26:620.22:677.017

А.Ф. Костюков

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПОРЯДОЧЕННОГО МНОЖЕСТВА ВОЛОКОН НА ВОЛНОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА

**Ключевые слова:** волокна, ультразвук, лабораторный экспресс-контроль, экспериментальные зависимости.

В ранее опубликованной работе уже приводилась математическая модель взаимодействия фронта акустической (ультразвуковой) волны с компактным упорядоченным множеством волокон [1]. Также описаны технологии и устройства подготовки волокнистых образцов для реализации методик контроля параметров волокон в различных условиях [2].

Показано соединение измерительного блока, координатно-верньерного устройства и цифрового вольтметра типа В7-16 в экспериментальную установку для выявления зависимости амплитуды аку-

стического сигнала от изменения физических параметров волокнистой массы с применением собственного автогенератора колебаний [3].

Эта же установка с использованием внешнего задающего генератора (Г4-102), вольтметра В7-16 и частотомера (ЧЗ-33) используется для исследования влияния волокнистых образцов на частотные и волновые соотношения в проникающем ультразвуковом сигнале (рис. 1). Ее применение позволяет определить воздействие волокнистого множества на диаграмму направленности ультразвукового излучения, а также экспериментально подтвердить явление квазидисперсии скорости распространения сигнала.