

## **Использование навоза на молочной ферме: рабочие таблицы для расчета питательных веществ**

Г.Г. Ван Хорн, Г.Л. Ньютон, Г. Киддер, Е.С. Френч, Р.А. Нордштедт

Известно, что навоз является ценным удобрением, но мы редко подсчитываем прибыль от этого удобрения. В прошлом слишком часто принималось за факт, что затраты на восстановление удобрений из навоза превосходят чистую прибыль, и поэтому питательные вещества из навоза не использовались должным образом. Тем не менее, неиспользованный азот или фосфор с навозом проникают в грунтовые или наземные воды. Таким образом, забота об экологической безопасности становится приоритетным направлением вне зависимости от издержек. План по использованию навоза предполагает такое его использование, чтобы возместить убытки, насколько это возможно.

Данное руководство адресовано руководителям молочных ферм, а также консультантам по молочному животноводству в целях разработки планов использования всех содержащихся в навозе питательных веществ. Рабочие таблицы предназначены для работы за компьютером; подобные таблицы позволяют свободно вводить новые данные, что окажет помощь при пересчете и составлении новых, альтернативных планов. За дополнительной информацией см. Справочник по совместному расширению бизнеса, изданный в университете Флориды (изд.1016).

Принятые в работе сокращения: N – азот, P – фосфор, K – калий, СВ – сухое вещество, ПСВ – потребление сухого вещества, ОВ – органическое вещество, ВУПВ - всего усваиваемых питательных веществ.

Конвертация единиц: P = 43.6% от  $P_2O_5$ , чтобы получить эквивалент  $P_2O_5$ , следует умножить P на 2,29; K = 83% от  $K_2O$ ; чтобы получить  $K_2O$ , умножаем K на 1,20; 1 галлон воды = 8,436 фунтов = 3,8т; 1 фут кубический = 7,48 галлонов = 28317л; 1 акр на дюйм = 27152 галлонов = 103177т.

### **Цели**

1. Осветить процесс управления системой использования навоза в качестве удобрения, учет питательных веществ из навоза на ферме. Руководство поможет Вам установить, загрязняете ли Вы окружающую среду и выявить, какие улучшения могут быть сделаны.
2. Сделать прогноз по растениеводству на ферме - сколько потребуется га и при какой урожайности, чтобы вносить навоз для переработки питательных веществ; сделать прогноз по возможным потерям питательных веществ – их проникновение с навозом в водоемы и атмосферу должно соответствовать экологическим нормам.
3. Посчитать выгоду от использования питательных веществ, возмещающую убытки в управлении системой использования навоза в качестве удобрения при экологически приемлемых условиях.
4. Определить, каким образом и должны ли питательные вещества, получаемые из навоза, быть вывезены с фермы.

### **Рабочая таблица 1: содержание в навозе N, P, K и СВ (сухого вещества)**

Примеры в Рабочей таблице 1 (Табл.1) иллюстрируют расчеты на стадо, состоящее в среднем из 100 дойных коров. В таблице есть колонка для расчетов на ваше стадо. Пример 1 показывает стадо, от которого делался 100% забор навоза. Пример 2 показывает время от времени выводимый на пастбище скот: от такого стада забирается 40% навоза в доильном зале и в

прилегающем коровнике. Варианты использования 60% остального, оставшегося на пастбище навоза включены в секцию в конце расчетов бюджета содержания коров на пастбище.

Если вы хотите получить результаты по учету навоза для сухостойных коров, проведите расчеты с нулевым удоем и уточните потребление сухого вещества животными и состав их рациона. Помните, что сухостойные коровы потребляют только половину сухого вещества от рациона высокопродуктивных дойных коров. Если ваша программа по кормлению еще не основывается на учете сухого вещества, вы вначале должны определить содержание сухого вещества в рационе, чтобы потом определить потребление сухого вещества. К сведению, если в примере 1 (Рабочая таблица 1 в Табл.1) получается, что коровы каждый день едят по 4218,5кг корма (вес во влажном состоянии) – после отминусовывания остатков, - это будет составлять 52% СВ при среднем ПСВ (потреблении сухого вещества) 21,9кг в день (4218,5 умножить на 0,52 и разделить на 100 коров).

Для последующих расчетов необходимо знать: протеин в рационе составляет 16% N, молочный протеин – 15,5% N, в молоке содержится 0,10% P и 0,15% K. Прибавление в весе животного предполагает 1,2% N, 0,70% P и 0,20% K. Если нам необходимо рассчитать объем сухого вещества, получаемого из навоза, необходим подсчет усваиваемости сухого вещества в соответствии с рационом. В примере написано 65% (0,65), это грубо соответствует показателю ВУПВ в 70%. Показатель ВУПВ всегда на 5% выше, поскольку мы умножаем его на 2,25 – усваиваемый жир. Таким образом, содержание СВ в навозе составляет 35% от ПСВ (1 минус усваиваемость) , а содержание СВ в моче соответствует 5% от ПСВ. Если необходимо подсчитать содержание в навозе органического вещества, в соответствии с нашими данными, в сухом веществе, получаемом от дойной коровы, содержится приблизительно 83% органического вещества. Однако, эта цифра со временем уменьшается по той причине, что органическое вещество распадается при хранении или перерабатывается в лагуне.

### **Как рассчитывается соотношение время/количество навоза для коровы?**

Это очень серьезный вопрос, если учесть, что коровы некоторое время проводят на пастбище, а некоторое – на местах сбора навоза, например, в накопителе, доильном зале и коровниках. Собранный информация указывает на стабильность перевариваемости пищи и, таким образом, опорожнения желудка животных в течение дня. Следовательно, мы получаем больше навоза от коровы там, где она проводит больше времени, то есть время нахождения животного, например, в коровнике, соответствует проценту получаемого навоза.

### **Рабочая таблица 2: Сколько из получаемых питательных веществ можно восстановить в качестве удобрения?**

В оценке вашей системы навозоудаления главное – учет количества N и P в перерабатываемом навозе. Вам также понадобится знать содержание питательных веществ (их количество), чтобы правильно удобрять поля, и определить стоимость внесения навоза на поля. Необходимо определить количество, взвешивая навоз, доставляемый на поля, и определяя содержание в навозе N, P, и K. Чтобы получить число восстанавливаемых питательных веществ, надо умножить число концентрации питательных веществ на вес одного грузовика с навозом и количество грузовиков. Если для удаления отработанной воды из лагун или навозоприемника используется ирригационная система, необходимо учитывать анализ воды и объем воды, используемой для орошения. Обязательно иметь счетчики на насосах, которые будут показывать количество потребляемой воды. Если их нет, количество использованной воды можно учитывать по времени

откачивания: в Руководстве пользователя для насосов должно быть указано количество воды, откачиваемой за одну минуту. См. [Табл.2](#)

Подсчет разницы между содержанием питательных веществ в навозе и количеством питательных веществ, восстановленных в качестве удобрения, даст представление о потере питательных веществ в системе навозоудаления. Например, в Рабочей таблице 2 (в [табл.2](#)) было подсчитано, что из навоза и отработанной воды, внесенной на поля, было восстановлено 43,6% N, 92,1% P и 81,9% K.

Обычно испаряется 50% или более N, разве что навоз сразу же после сбора будет быстро доставлен на поля. Можно потерять даже до 80% N.

С другой стороны, процент восстанавливаемых P и K всегда высок, можно получить 90% и больше P и где-то столько же K, поскольку P и K не испаряются. В случае, если потери P составят больше 30%, необходимо провести дополнительные анализы. Если вы используете анаэробные лагуны, возможно, фосфор собирается на дне лагуны. В дальнейшем надо будет подсчитать стоимость этого фосфора и использовать его после удаления осадка со дна лагуны. P может скапливаться и в больших навозоприемниках.

#### **Подсчет процента восстановленных питательных веществ в случае, если не было учтено количество и состав удобрения.**

Что касается дойных коров, более половины от первоначального содержания N составляет мочевины (из мочи) или другой компонент, легко образующийся при разложении азота и вырабатывающий аммиак. Если вы не подсчитали (Рабочая таблица 2, в [Табл.2](#)), сколько питательных веществ вы получаете и используете, можете использовать следующие приблизительные цифры:

- При быстром сборе и использовании навоза в качестве удобрения (в течение пяти дней после получения навоза), например, в ирригационной системе, процент восстановленного в качестве удобрения азота составит 65%.
- При использовании отработанной воды из анаэробной лагуны при хранении навоза от 21-го дня и дольше, процент восстановленного в качестве удобрения азота составит от 20 до 30%.
- В среднем процент восстановленного в качестве удобрения азота составляет 40%.
- Процент восстановленного в качестве удобрения фосфора обычно составляет 90%, кроме варианта, если вы храните навоз в анаэробной лагуне: необходимо принять во внимание, что фосфор может опускаться в осадок на дно лагуны. В этом случае, если период хранения навоза в лагуне составляет от 21-го дня и выше, процент восстановленного в качестве удобрения фосфора может составить 50%.
- Процент восстановленного в качестве удобрения калия составляет от 80 до 90%.

В примере 2, Табл.4, Рабочая таблица 3, иллюстрируется вариант, при котором сбор навоза производится в накопителе, доильном зале и зонах кормления (40% времени коровы) и навоз хранится в анаэробной лагуне в течение в среднем 21-го дня до внесения на поля. Было подсчитано, что процент восстановленного в качестве удобрения азота составил 40%. Вследствие оседания фосфора на дно лагуны, процент восстановленного в качестве удобрения фосфора снизился до 50%. Этот фосфор следует использовать позднее, после очистки лагуны.

### **Рабочая таблица 3: расчет бюджета по восстановленным из навоза питательным веществам.**

Следующий шаг, после подсчета содержания питательных веществ в навозе и убытков, - использовать оставшиеся питательные вещества на ферме либо в другом месте.

Если у вас есть земля и вы располагаете данными о потенциальной, желаемой урожайности, скорее всего, было бы оптимальным разработать бюджет по использованию навоза в качестве удобрения так, чтобы главный акцент был сделан на фосфоре. Частичные потери азота надо будет восполнить покупными удобрениями. При планировании урожая необходимо учесть, что лучше получить культуры с высоким содержанием энергии – они будут способствовать большей отдаче молока животного, и это будет лучше, нежели собирать урожай по содержанию сухого вещества в зеленой массе. Если вам не хватает земли и разрешено вносить больше фосфора, потребуются вести растениеводство по множественному типу (несколько кормовых культур), также будет необходимо вносить максимальное количество азота. В большинстве регионов системы орошения необходимы, если вы хотите достичь максимального уровня производства и использовать все возможные питательные вещества на га. Если система ирригации не подходит вследствие особенностей земельных или водных ресурсов, если снижается урожай, следует использовать менее интенсивные системы. Если после подсчета требуемых на нужды растениеводства питательных веществ оказались излишки, их надо будет вывезти с фермы.

Чтобы начать расчеты по земле, примем за данность, что вы потенциально будете выращивать кукурузу на силос и некоторые другие культуры, обозначенные в Таблице 3. Если ожидаемая урожайность и содержание N и P на вашей ферме отличается от приведенных в таблице цифр, поменяйте их: замените цифру урожайности своей или же цифру нормы внесения удобрения, и высчитайте свою норму внесения питательных веществ.

Главный вопрос – какая должна быть норма внесения удобрений, чтобы при уборке урожая в культурах присутствовало соответствующее количество азота и фосфора? Очевидно, она должна быть выше, чем при уборке, разве что содержание азота и фосфора в вашей почве остается высоким и без внесения удобрений. В примерах Таблицы 3 процент теряемого азота умножался на 1,3; таким образом мы учитываем, что 20% азота придется на денитрификацию (распадет) и испарение, а 10% уйдет в наземные и грунтовые воды. Что касается фосфора и калия, процент потерь умножали на 1,1, что включало 10% попадания веществ в наземные источники.

**В качестве альтернативы калькуляции собственных норм внесения питательных веществ можно использовать соответствующие рекомендации агрономов по использованию покупных удобрений в вашем регионе.**

Если в рекомендациях указано, что норма внесения удобрений в вашем регионе должна быть выше, нежели написано в таблице 3, значит, вносите больше удобрений. Это не принесет вреда, по крайней мере, не больше, чем при внесении покупных удобрений. В большинстве случаев безаммиачный азот, получаемый из навоза, представляет собой органический азот из фекалий, которому требуется больше времени на разложение и, таким образом, который может быть и не доступен для культур первого урожая, посаженных сразу после внесения удобрения. Разложение химического вещества подчас обусловлено климатическими и географическими особенностями и, следовательно, основываясь на решениях, принятых исходя из вашей ситуации опытными, работающими с органическими удобрениями агрономами, можно применять большее количество удобрений. Если в сухом навозе, хранившемся на земле, после месяца или двух после внесения будет доступно 40% азота (это зависит от климата и типа почвы, как было указано выше),

то 90% азота из жидкого навоза, хранящегося в лагуне или навозоприемнике, - составляет азот неорганического толка (зависит от количества откаченного осадка) и может быть использован в коммерческих целях. Однако, азот этого типа может оказаться менее эффективным удобрением даже на несколько сезонов работ, поскольку добавочная составляющая из воды и органического вещества могут повлиять на процессы денитрификации и другие микробные изменения почвы, требуя больше времени для их осуществления.

Многие фермеры, работающие в отрасли молочного животноводства, год за годом вносят навоз в соответствии с установленными нормами внесения на га, и возможные остатки и потери незаметны для бюджета. Также это может быть тот самый случай, когда вы начинаете разрабатывать бюджет по распределению навоза на земле, под которую в прошлом регулярно вносили навоз. Однако, в первый год внесения навоза, особенно если навоз сухой или полусухой, важно учесть, что содержание «доступного для растений» азота может быть ниже нормы и принять как должное, что более 30% азота не будет доступно в течение первого года. Таким образом, в первый год потребуются внести какое-то количество покупного азотного удобрения.

Следует помнить о том, что нормы внесения азота по бюджету предполагают хорошую урожайность или же, в дополнение, возможность использования системы орошения. В случае, если урожай погиб вследствие неблагоприятных погодных условий (скорее засухи, нежели наводнений), в следующий раз, под следующий посев в земле будет переизбыток питательных веществ. Это потребует снижения нормы внесения удобрения под следующую культуру, чтобы не допустить проникания нитратов в грунтовые воды. Если внесение органических удобрений требуется проводить на всей вашей земле, и засуха случается очень часто, то оптимальным решением будет установка системы орошения.

### **Анализ вашего учета содержания азота, фосфора и калия с использованием Рабочих таблиц**

Рабочие таблицы 1,2 и 3 ([Табл.1](#), [Табл.2](#) и [Табл.4](#)) иллюстрируют расчеты на две молочные фермы с несколькими вариантами проведения полевых работ, чтобы показать разницу в земельных площадях и с различными допущениями. Кукурузный силос выделен в качестве отдельной культуры по причине высокой урожайности и хорошего качества корма. Однако, в одной такой культуре содержится недостаточно питательных веществ, что не соответствует запросам молочного фермера. Следовательно, обычно советуют работать по такому плану земледелия, чтобы одновременно выращивать несколько культур и работать по пару, чтобы была уверенность в том, что круглый год корни будут получать из почвы требуемые питательные вещества, особенно азот.

**Пример 1** показывает 100 коров, производящих в среднем за год 27,2л молока в день при содержании закрытого типа с 100% забором навоза. **Пример 2** показывает коров, частично находящихся на пастбищном содержании (60% времени коровы проводят на пастбище), при этом забор навоза составляет 40%, навоз собирается в накопителе, доильном зале и коровниках. Примите во внимание графу «Процентное соотношение восстановленных питательных веществ» (строки от 72 до 74 ([Табл.4](#)), Рабочая таблица 3, Пример 2). Здесь описано, чего можно ожидать при использовании анаэробной лагуны с хранением навоза от 21 дня и более: 30% придется на азот, 50% на фосфор и 80% на калий. Необходимо помнить о дальнейшем применении фосфора, оставшегося в осадке на дне лагуны: после очистки лагуны его необходимо как-то использовать.

Несмотря на то, что нам дано только по одному примеру, можно сделать несколько выводов. Обратите внимание на Пример 1 (строки от 96 до 113, Рабочая таблица 3, [Табл.4](#)): в сравнении с

внесением удобрений, основанном на содержании азота, нужно было примерно в три раза больше земли для внесения навоза при основе расчетов на содержании фосфора. Между этими вариантами находится вариант, основанный на учете калия.

В Примере 2, где ценный фосфор отделился и выпал в осадок на дно лагуны, калий остается растворимым и откачивается вместе с отработанной водой из лагуны. Это единственный вариант, при котором при планировании бюджета для внесения калия потребуется больше земли, чем для внесения фосфора. Однако, потом, при внесении удобрений на базе азота в землю попадет еще калий. Повторное внесение калия приводит к высокому содержанию калия в корме, потому что большинство культур будут в избытке поглощать калий. В молочном животноводстве, однако, не приветствуется высокое содержание калия в кормах для сухостойных коров.

При бюджете, основанном на азоте, с выращиванием трех культур (Система4, Рабочая таблица 3), для производства 22 тонн взвешенного во влажном состоянии кукурузного силоса на 0,4га, 2,3 тонн сена свинороя пальчатого и 7ми тонн сенажа ржи необходимо 10,32 га земли (показатели урожайности из [Табл.3](#)). Для внесения навоза с основой на содержание фосфора потребуется 32 га земли.

В Примере 2 показано, что расчеты по фосфору очень похожи на расчеты по азоту. Этому есть две основные причины: 1) в Примере 1 процент фосфора был снижен до 0,41% против 0,50%; 2) долгий период хранения отработанной воды в анаэробной лагуне приводит к тому, что 50% фосфора остается в осадке на дне анаэробной лагуны. В дополнение к этому, уровень потребления сухого вещества был ниже в примере пастбищного содержания животных. Примите во внимание, что расчеты в Примере 2 не включают 60% навоза, оставленного на пастбище, и ориентированы только на навоз, собранный из зон накопителя, доильного зала и коровников.

**Если у вас есть достаточно земли для внесения навоза с основой на фосфор, растениями будет усвоено больше питательных веществ.**

В Примере 1 (Рабочая таблица 3, [Табл.4](#)) видно, что в случае внесения навоза с расчетами на основе фосфора, а не азота, это окупается на более чем 30% (\$12774 против \$9873 на 100 коров).

Однако, как хорошо распланировать производство кормов, если у вас под посев уходит вся земля, на которую нужно вносить фосфор? С планируемым объемом убранного корма по сухому веществу (6,6 тонн кукурузного силоса на 0,4 га, 2 тонны свинороя пальчатого – после силоса, и 2,8 тонн на 0,4 га озимой ржи – до кукурузы), мы ожидаем, что получим 294т сухого вещества с 10,32га земли, обработанной в соответствии с расчетами по азотному основанию – этого хватит, чтобы обеспечить ежедневно в течение круглого года корову 7,3кг сухого вещества. С основой расчетов по фосфору, мы получим 937 тонн сухого вещества с 32,04 га требуемой земли, или 22,68кг сухого вещества на корову в день. Объем сухого вещества при бюджете, основанном на фосфоре, почти в два раза превышает объем сухого вещества корма, требуемый при кормлении дойных коров. Следовательно, будет излишек: может быть, корм останется даже после того, как вы накормите нетелей и сухостойных коров. У многих молочных ферм нет требуемого объема земли – 0,32 га на корову, - чтобы работать по этой системе (и больше в случае тройного севооборота: посеять рожь после кукурузного силоса и, вместе с тем, свинорой пальчатый не представляется возможным).

Объем земли, требуемый под внесение удобрений на азотном основании, позволит большинству молочных животноводов и внести удобрения, и вырастить корма. Однако, может не хватить 294

тонн сухого вещества (7,3кг потребления сухого вещества в день), произведенного по этой схеме за год. Таким образом, может потребоваться дополнительное производство или покупка кормов.

В Табл.3 обратите внимание на то, что тройной севооборот с обычным возделыванием земли для производства кукурузы, сорго и озимой ржи поглощают почти весь объем азота, фосфора и калия. Однако, в качестве примера в Рабочей таблице 3 (Табл.4) был выбран вариант земли под паром, поскольку травы, произрастающие на таком поле и корни снизят потерю и проникновение азота в грунтовые воды.

### **Что можно сделать, если вам приходится следовать бюджету, основанному на внесении удобрений по фосфорному основанию?**

Самое простое, а потому, первое, что можно сделать, - уменьшить содержание фосфора в рационе в соответствии с требованиями Национального научно-исследовательского совета. Если рационы составлены с расчетом 0,41% фосфора в сухом веществе, как это показано в Примере 2, пересчет Рабочей таблицы 1 (Табл.1) прогнозирует ежедневное выделение фосфора с экскрементами: 62г на корову против 81,2г. Это приводит к выделению 2,3т (против 3т) и внесению 2т фосфора в год при восстановлении 90% фосфора в качестве удобрения. Такое изменение рациона, которое не повлечет серьезных последствий, поменяет объем требуемой земли, чтобы работать по схеме тройного севооборота (Схема полевых работ 4, строка 106, Рабочая таблица 3, табл. 4). Потребуется 24га земли, с которых можно получить 690 тонн сухого вещества (17кг сухого вещества в день для дойных коров в течение года). Это все равно в 2,3 раза больше земли, чем надо при внесении удобрений по азотному основанию, но производства корма оказывается в норме, поскольку излишки можно скормливать нетелям и сухостойным коровам.

### **Подсчет прибыли при восстановлении в качестве удобрения азота, фосфора и калия**

Составители рационов и большинство молочных животноводов привыкли говорить о чистом азоте, фосфоре и калии. Агрономы и производители удобрений говорят о чистом азоте, но под фосфором имеют ввиду фосфор, входящий в соединение  $P_2O_5$ , а под калием – калий, входящий в состав  $K_2O$ . Соединение  $P_2O_5$  содержит 43,6% чистого фосфора (0,436), а соединение  $K_2O$  содержит 83% калия (0,83). Таким образом, соотношение удобрений 10-10-10 на самом деле соответствует соотношению 10- 4,36- 8,3 единиц азота, фосфора и калия в чистом виде.

Формулы конвертации требуются для сравнения содержания чистого фосфора и калия, выделяемых с экскрементами, с рекомендациями по удобрениям или расчетами, основанными на фосфоре и калии, включенных в соединения  $P_2O_5$  и  $K_2O$ . Примите во внимание, что нормы внесения удобрений, указанные в Рабочей таблице 3 (Табл.4) основаны на данных чистого фосфора и калия из Табл.3. Формулы конвертации нужны также и для калькуляции цен. Например (как показано в Рабочей таблице 3, со 114 строки по 118), стоимость за чистый азот у компании-поставщика удобрений, например, за аммиачную селитру, составляет 0,36\$ за единицу азота; стоимость фосфата в соединении  $P_2O_5$  составит 0,32\$ за единицу, стоимость калия в соединении  $K_2O$  составит 0,15\$ за единицу калия. Стоимость же чистого азота, фосфора и калия составит соответственно 0,36\$, 0,73\$ и 0,18\$. В целях пересчета стоимости разделите стоимость  $P_2O_5$  на 0,436, а стоимость  $K_2O$  на 0,83.

При эффективном использовании восстановленных из навоза питательных веществ прибыль, как показано в Рабочей таблице 3 (строки 119 – 120), составит 100\$ на корову в год. Такую прибыль

(Пример 1) получается при расчетах, основанных на восстановлении 43,6% азота. *Какую же можно было получить прибыль при восстановлении и использовании большего количества азота?* Мы не можем дать точный ответ на этот вопрос, но, если мы используем весь фосфор и калий, и если получим 65% восстановленного азота (Пример 1), прибыль от навоза как удобрения возрастет до 15570\$ (156\$ на корову). Таким образом, можно предполагать, что в будущем на большинстве молочных ферм придется как только можно более снижать количество фосфора, выделяемого с экскрементами и получать, если возможно, больше азота, для того, чтобы сбалансировать эффективность полевых работ, выполнения экономического плана и удовлетворить экологические требования.

### **Как использовать данные расчеты для формирования бюджета по содержанию коров на пастбище?**

В Примере 2 (в Рабочих таблицах) мы произвели частичный анализ бюджета по содержанию коров на пастбище, и теперь мы могли бы произвести пересчет по таблицам, меняя время, уделяемое на сбор навоза в соответствии с тем, где убирают навоз (строка 40, Рабочая таблица 1) на 60% - время, которое коровы проводят на пастбище.

В дополнение к этому, допустим, что наша пастбищная система предполагает выращивание свинороя пальчатого и ржи (см.Табл.3). За свинороем пальчатым, таким образом, будет убрана рожь (осенью) – то есть мы работаем по системе двойного севооборота. Под выращивание этих двух культур на 0,4га земли (данные из Табл.3) надо будет внести 204кг азота, 17,7кг фосфора и 110кг калия. Здесь было принято допущение, что было восстановлено в качестве удобрения и внесено на пастбищное поле 40% азота, 90% фосфора и 80% калия. Подставляя эти данные по нормам внесения и проценту восстановления удобрений в Рабочую таблицу 3 (Табл.4), в одну из шести описанных систем, мы получим, что нам понадобится 7га земли под внесение удобрений на азотной основе, 25га под внесение удобрений на основе фосфора, и 12,5га под внесение удобрений на основе калия.

Очевидно, что для того, чтобы прокормит 100 коров, не хватит 7ми га с внесением удобрений на основе азота. Сколько же понадобится земли? Если мы предположим, что 90% времени в год на пастбище будут пастись коровы, и что эти коровы будут потреблять по 7кг сухого вещества с пастбища в день, то в год потребление сухого вещества на корову составит 2,2т в год. В Табл.3 для этих пастбищ указано, что с 0,4га земли получается 6 тонн сухого вещества (12000 фунтов). Если мы разделим 6 тонн, полученных с 0,4 га, на 2,2т на корову, то получим, что на 0,4га приходится в среднем по 2,45 коров. Если мы сто коров разделим на 2,45 коров, то получим 16,5 га земли. Если вы делаете подсчет того, сколько земли вам требуется, в соответствии с данными о потреблении сухого вещества, вы можете подсчитать содержание азота, фосфора и калия. Например, для азота  $7\text{га}/16,5 = 43\%$ , то есть будет доступно только 43% полученного из навоза азота от всего азота, требуемого для удобрения 16,5га. Для фосфора соотношение  $25\text{га}/16,5 = 1,49$  показывает, что будет внесено где-то в 1,5 раза больше фосфора, чем нужно. В земле, таким образом, возрастет процент содержания фосфора.. Для калия соотношение  $12,5\text{га}/16,5 = 0,76$  показывает, что потребуется внести немного калия.

Этот пример по пастбищному содержанию коров помогает сделать некоторые общие выводы по выведению бюджета. Во-первых, если у вас настоящее пастбище, а не просто оставленная под паром земля, Вам, помимо азота, полученного из навоза, понадобится вносить азот дополнительно – через покупные удобрения. Во-вторых, не потребуется дополнительно покупать фосфор, разве что в предыдущий год земля была истощена и на ней отмечается нехватка фосфора

– его уровень ниже, чем рекомендовано. В-третьих, необходимо делать анализ почвы с тем, чтобы решить, нужно ли вносить калий.

### **Сколько, если это нужно, питательных веществ должно быть продано с фермы?**

Приблизительные цифры можно вывести из рабочих таблиц. Например, если у вас не хватает земли в соответствии с выбранной вами схемой земледелия, вам надо рассчитать, сколько на вашу землю можно внести органических удобрений, полученных из навоза (по питательным веществам). Если вы не можете внести больше удобрений, чтобы увеличить севооборот и использовать больше питательных веществ, вы можете продать остатки.

### **ВЫВОДЫ**

- Если известны данные о потреблении сухого вещества, содержании питательных веществ в рационе животного и надоях молока, можно легко подсчитать, сколько питательных веществ, особенно азота и фосфора, выводится из организма дойных коров.
- Для того, чтобы разработать бюджет по питательным веществам на всей ферме, молочным животноводам необходимо вести подсчет питательных веществ, восстановленных из навоза в качестве удобрений. Это означает, что необходимо взвешивать грузовики с навозом, измерять, сколько отработанной воды используется в системе орошения и производить анализ образцов на содержание питательных веществ.
- В обычной практике – потерять более 50% выделенного с экскрементами навоза. Если для предварительных расчетов использовать средние данные о восстановленных веществах, то можно предположить, что можно будет использовать только 40% азота, то есть 60% будет потеряно. Потери фосфора должны составлять менее 10%, потери калия должны быть менее 20%.
- Применение удобрений органического происхождения наносят меньший вред окружающей среде, нежели, если мы при той же норме внесения вносили бы покупные удобрения. При внесении восстанавливаемого из навоза азота органического происхождения уменьшается риск проникновения азота в источники.
- В соответствии с большинством бюджетов, фосфора хватает на то, чтобы внести его под землю, превышающую в два или три раза количество земли, требуемой под внесение азота.
- В соответствии с бюджетами по пастбищному содержанию коров, практически всегда будет нужно докупать азот и не надо будет докупать фосфор.
- Обычно, чтобы получить больше прибыли от утилизации навоза, получаемого с фермы, следует: 1) снизить содержание фосфора в рационе в соответствии с требованиями Национального научно-исследовательского совета – это значит снизить стоимость рациона и количество фосфора, выделяемого с экскрементами; 2) вносить навоз с ориентированием на фосфор; 3) вносить навоз под выращиваемые культуры как можно скорее после выделения, чтобы снизить потери азота при испарении.

### • **Таблицы**

- Табл.1.

**Табл.1.** Рабочая таблица 1. Расчеты по азоту, фосфору и калию, восстановленным из навоза в качестве удобрения. Содержание веществ в цикле «внесение навоза – потребление животным пищи – выделение веществ с экскрементами».

Название, номер строки	Пример 1	Ед-цы измерения	Ваше стадо <sup>1</sup>	Пример 2
Данные о стаде (среднегодовые)				
1. средн. кол-во дойных коров в день	100	фунтов/день		100
2. Среднее потребление СВ в день	48.0	фунтов/день		42.0
3. %чистого протеина в среднем рационе (по основанию СВ)	17.0	% чистого протеина		17.0
4. Средний рацион: $N\% = \% \text{чистого протеина} \times .16 =$	2.72	% N		2.72
5. Средн.рацион: $P\%$ (по основанию СВ)	0.50	% P		0.41
6. Средн.рацион: $K\%$ (по основанию СВ)	1.20	% K		1.20
7. Надой молока/в день (дойные коровы)	60	фунтов/день		50
8. Процент молочного протеина	3.2	%		3.2
9. Молоко: $N\% = \% \text{протеина} \times .155 =$	0.496	% N		.496
10. Молоко: фосфор(P)%	0.10	% P	0.10	0.10
11. Молоко: калий (K)%	0.15	% K	0.15	0.15
12. Средний привес в день	0.20	фунтов/день		0
13. Средний % азота от привеса	1.20	% N	1.20	1.20
14. Средний P% от привеса	0.70	% P	0.70	0.70
15. Средний K% от привеса	0.20	% K	0.20	0.20
16. Средн.рацион: усвояемость СВ %	65	%		62
Требуется ежедневно на корову:				
Азот (N):				
17. Потребление: потребление сухого в-ва, фунты х	1.306	фунтов N/день		1.142

содержание в рационе N%/100 =				
18. Выведение в-ва: надой молока/день x содержание в молоке N%/100 =	0.298	фунтов N/день		0.248
19. Выведение в-ва: средний привес/день x содержание полученного N%/100 =	0.002	фунтов N/день		0
20. Разность (по навозу) = Потребление- выведение в-ва =	1.006	фунтов N/день		0.894
21. Содержание N в навозе за год = кол-во коров x разность x 365 =	36,704	фунтов N/год		32,646
Фосфор (P):				
22. Потребление: потребление сухого в-ва, фунты x содержание в рационе P%/100 =	0.240	фунтов P/день		0.172
23. Выведение в-ва: надой молока, фунты x содержание в молоке P%/100 =	0.060	фунтов P/день		0.050
24. Выведение в-ва: привес, фунты x содержание полученного P%/100 =	0.001	фунтов P/день		0
25. Разность (по навозу) = потребление – выведение в-ва =	0.179	фунтов P/день		0.122
26. Содержание P в навозе за год = кол-во коров x разность x 365 =	6.519	фунтов P/год		4.460
Калий (K):				
27. Потребление: потребление сухого в-ва, фунты x содержание в рационе K%/100 =	0.576	фунтов K/день		0.504
28. Выведение в-ва: надой молока, фунты x содержание в молоке P%/100 =	0.090	фунтов K/день		0.075
29. Выведение в-ва: привес, фунты x содержание полученного K%/100 =	0.0004	фунтов K/день		0
30. Разность (по навозу) = потребление – выведение в-ва =	0.486	фунтов K/день		0.429

31. Содержание К в навозе за год = кол-во коров x разность x 365 =	17,724	фунтов К/день		15,659
Сухое в-во (СВ):				
32. Потребление: потребление сухого в-ва (ПСВ), фунты (со строки 2)	48.0	Фунтов потребления СВ		42.0
33. Выведение (экскременты) = ПСВ, фунты - (усв. X ПСВ) =	16.8	Фунтов потребления СВ		16.0
34. Выведение (моча): = 0.05 x ПСВ	2.4	Фунтов потребления СВ		2.1
35. Итого выведенного СВ/день = экскременты + моча =	19.2	Фунтов потребления СВ		18.1
36. Выведение СВ с навозом, % потребления = (строка 35/строка 32)	40.0	%		43.0
37. Содержание СВ в навозе/год = кол-во коров x выведение СВ/день x 365 дней =	700,800	фунтов/год		659,190
38. Содержание органического в-ва в навозе/в год = СВx 0.83 =	581,664	фунтов/год		547,128
39. Влажный навоз/год @ 14% СВ = СВ/0.14 =	5,005,714	фунтов/год		4,708,500
40. % собранного навоза (по % времени, проведенному животными на закрытой территории)	100	%		40
41. Хранение влажного навоза в день, фут кубический	220	Кубический фут		83
42. Галлонов использованной воды/на корову/отработанной воды в день	175	Галлоны		100
43. Хранение отработанной воды в день, фут кубический	2,340	Кубический фут		1,337
44. Требуется дней для хранения	14	Дни		21
45. Объем требуемого хранилища, фут кубический	35,830	Кубический фут		29,811
46. Полученный азот, фунты (строка 40 x строка 21)	36,704	фунтов/год		13,058

47. Полученный фосфор, фунты (строка 40 x строка 26)	6,519	фунтов/год		1,784
48. Полученный калий (строка 40 x строка 31)	17,724	фунтов/год		6,263
<sup>1</sup> В эти ячейки Вы вносите данные по вашей ферме. Остальные данные посчитаны.				

- Табл.2.

**Табл. 2.** Рабочая таблица 2. Расчет по азоту, фосфору и калию, восстановленных в качестве удобрения.

Название, номер строки	Пример 1	Ед-цы измерения	Ваше стадо <sup>1</sup>	Пример 2
Применяется удобрений/год (разбрасывается удобрений):				
49. Кол-во перевозок/год	200			Для
50. Средний вес/за загрузку	10,000	фунтов		Примера 2
51. Средн. %СВ в грузовиках	25.0	% СВ		данные
52. Средний N% в сухом в-ве навоза	2.00	% N		не собраны
53. Средний P% в сухом в-ве навоза	0.80	% P		
54. Средний K% в сухом в-ве навоза	1.8	% K		
55. Сухое в-во в навозе = кол-во перевозок x вес 1 грузовика x % СВ/100 =	500,000	Фунтов СВ /год		
56. Восстановлено азота = СВ, фунты x N%/100	10,000	фунтов N/год		
57. Восстановлено фосфора = СВ, фунты x P%/100	4,000	Фунтов P/год		
58. Восстановлено калия = СВ, фунты x K%/100	9,000	Фунтов K/год		
Применяется отработанной воды/год:				
59. .На орошение, галлонов	6,000,000	галлонов		
60. Среднее содержание азота, МД (МД = миллионных долей)	120	Миллионных долей		
61. Среднее содержание P, МД	40	Миллионных долей		
62. Среднее содержание K, МД	110	Миллионных		

		долей		
63. Восстановлено азота = галлонов x 8.35 фунтов/галлоны x N, МД /1,000,000	6,012	фунтов N/год		
64. Восстановлено фосфора = галлонов x 8.35 фунтов/галлоны x P, МД /1,000,000	2,004	фунтов P/год		
65. Восстановлено калия = галлонов x 8.35 фунтов/галлоны x K, МД /1,000,000	5,511	фунтов K/год		
Итого восстановлено N, P и K в год:				
66. Восстановленный азот = разбросано, твердые фракции + орошение =	16,012	фунтов N/год		
67. % восстановленного N из собранных экскрементов =	43.6	%		
68. Восстановленный фосфор = разбросано + орошение =	6,004	фунтов P/год		
69. % восстановленного P из собранных экскрементов =	92.1	%		
70. Восстановленный калий = разбросано + орошение =	14,511	фунтов K/год		
71. % восстановленного K из собранных экскрементов =	81.9	%		
<sup>1</sup> В эти ячейки Вы вносите данные по вашей ферме. Остальные данные посчитаны.				

- Табл.3.

**Табл 3.** Расчет норм внесения азота, фосфора и калия в сравнении с другими агрономическими рекомендациями.

Культура	Вес на акр во влажном состоянии, тонн	СВ%	СВ на акр, тонн	Состав, % от СВ				Потребл-е пит. в-в растениями, фунтов/ акр			Высчитанная норма внесения удобрений <sup>1</sup>				
				СР%	N%	P%	K%	N	P	K	N	P	K	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>1</sup>	K <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Кукурузный силос	22.0	30	6.6	10.0	1.60	.30	1.2	211	37	158	270	40	174	90	210
Сенаж ржи или пшеницы	7.0	40	2.8	20.0	3.20	.36	1.0	179	20	56	230	22	62	50	70
Многолетний сенаж	15.0	40	6.0	16.0	2.56	.30	1.9	307	36	228	400	40	251	90	300

арахиса															
Многолетнее сено арахиса, посеянного после кукурузы на силос по нулевой технологии	2.3	86	2.0	16.0	2.56	.30	1.9	102	12	76	130	13	84	30	100
Сено свиного пальчатого	7.0	86	6.0	14.0	2.24	.30	1.5	269	36	180	350	40	198	90	240
Сено свиного пальчатого, посеянного по нулевой технологии после кукурузы на силос	2.3	86	2.0	14.0	2.24	.30	1.5	90	12	60	120	13	66	30	80
Сено ясенника душистого	8.0	86	6.9	12.0	1.92	.30	1.5	265	41	207	340	45	228	100	270
Кормовое сорго на силос (после кукурузы)	20.0	28	5.6	9.0	1.44	.30	1.2	161	34	134	210	37	147	80	180
Свиной пальчатый на пастбище	20.0	20	4.0	16.0	2.56	.30	2.0	205	24	160	270	26	176	70	210
Рожь на пастбище	13.3	15	2.0	22.0	3.52	.30	1.5	141	12	60	180	13	66	30	80
Итого по разным культурам:															
Кукурузный силос-сено свиного пальчатого-силос ржи	28.3		11.4					480	69	274	620	75	302	170	360
Кукурузный	24.3		8.6					313	49	234	400	53	258	120	310

силос-многолетнее сено арахиса														
Кукурузный силос-кормовое сорго-силос ржи	49.0		15.0				551	91	348	710	99	464	240	550
Кукурузный силос-сено свиного пальчатого	24.3		8.6				301	49	218	390	53	240	120	290
Расчеты для фермы или по другим культурам:														

<sup>1</sup> Нормы внесения (округленные до 10ти фунтов для N<sub>1</sub> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O ) посчитаны с учетом потребления веществ растениями, проникновением веществ в грунтовые и наземные воды в соответствии с экологическими стандартами и с учетом возможных изменений почвы, которые в этой таблице приняты за ноль; также учтены потери N<sub>1</sub> в связи с денитрификацией и испарением аммиака. Для N<sub>1</sub>, объем потребления вещества растениями умножали на 1.3, что позволяет отнести на 20% больше к денитрификации и испарению, и 10% - на утечку азота – проникновению в наземные и грунтовые воды. Для фосфора и калия, объем потребления вещества растениями было умножено на 1.1, что позволяет отнести более 10% к убыткам – проникновению вещества в наземные воды.

<sup>2</sup> нормы внесения округлены до 10 lb. Для P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> нормы внесения чистого фосфора разделены на .436 ед-ц P/ед-ц P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; нормы внесения K<sub>2</sub>O складываются из норм внесения K, разделенных на .83 ед-ц K/ед-ц K<sub>2</sub>O.

- Табл. 4.

**Табл. 4.** Рабочая таблица 3. Расчет бюджета для восстановленных из навоза азота, фосфора и калия.

Название, номер строки	Пример1	Ед-цы измерения	Ваша ферма <sup>1</sup>	Пример 2
Восстановленные питательные в-ва (%):				
72. Восстановленный азот (из Рабочей таблицы2 или в приближенном значении)	43.6	%		30.0
73. Восстановленный фосфор (из Рабочей таблицы 2 или в приближенном значении)	92.1	%		50.0
74. Восстановленный калий (из Рабочей таблицы 2 или в приближенном значении)	81.9	%		80.0
Восстановленные питательные вещества (фунты):				
75. Восстановленный азот (строка 72 x строку 46)	16,003	фунтов/год		3,917
76. Восстановленный фосфор (строка 73 x строку 47)	6,004	фунтов/год		892
77. Восстановленный калий (строка 74 x строку 48)	14,516	фунтов/год		5,011
Нормы внесения под разные культуры:				
78. Полевая схема 1 (кукурузный силос) N:	270	фунтов N/акр		270
79. Полевая схема 1 (кукурузный силос) P:	40	фунтов P/акр		40
80. Полевая схема 1 (кукурузный силос) K:	174	фунтов K/акр		174
81. Полевая схема 2 (сено свиной пальчатого) N:	350	фунтов N/акр		350
82. Полевая схема 2 (сено свиной пальчатого) P:	40	фунтов P/акр		40
83. Полевая схема 2 (сено свиной пальчатого) K:	198	фунтов K/акр		198
84. Полевая схема 3 (кукуруза, свиной пальчатый после кукурузы) N:	390	фунтов N/акр		390
85. Полевая схема 3 (кукуруза, свиной пальчатый после кукурузы) P:	53	фунтов P/акр		53
86. Полевая схема 3 (кукуруза, свиной пальчатый после кукурузы) K:	240	фунтов K/акр		240
87. Полевая схема 4 (кукуруза, свиной пальчатый, рожь) N:	620	фунтов N/акр		620
88. Полевая схема 4 (кукуруза, свиной пальчатый, рожь) P:	75	фунтов P/акр		75
89. Полевая схема 4 (кукуруза, свиной пальчатый, рожь) K:	302	фунтов K/акр		302

90. Полевая схема 5 (многолетний арахис) N:	400	фунтов N/акр		400
91. Полевая схема 5 (многолетний арахис) P:	40	фунтов P/акр		40
92. Полевая схема 5 (многолетний арахис) K:	251	фунтов K/акр		251
93. Полевая схема 6 (кукурузный силос, многолетний арахис) N:	400	фунтов N/акр		400
94. Полевая схема 6 (кукурузный силос, многолетний арахис) P:	53	фунтов P/акр		53
95. Полевая схема 6 (кукурузный силос, многолетний арахис) K:	258	фунтов K/акр		258
Примеры расчета объема земли, необходимого для ведения растениеводства:				
96. Полевая схема 1 (кукурузный силос) N:	59.3	Акры		14.5
97. Полевая схема 1 (кукурузный силос) P:	150.1	Акры		22.3
98. Полевая схема 1 (кукурузный силос) K:	83.4	Акры		28.8
99. Полевая схема 2 (сено свиной пальчатого) N:	45.7	акры		11.2
100. Полевая схема 2 (сено свиной пальчатого) P:	150.1	Акры		22.3
101. Полевая схема 2 (сено свиной пальчатого) K:	73.3	Акры		25.3
102. Полевая схема 3 (кукурузный силос, свиной пальчатый после кукурузы) N:	41.0	Акры		10.0
103. Полевая схема 3 (кукурузный силос, свиной пальчатый после кукурузы) P:	113.3	Акры		16.8
104. Полевая схема 3 (кукурузный силос, свиной пальчатый после кукурузы) K:	60.5	Акры		20.9
105. Полевая схема 4 (кукуруза, свиной пальчатый, рожь) N:	25.8	Акры		6.3
106. Полевая схема 4 (кукуруза, свиной пальчатый, рожь) P:	80.1	Акры		12.2
107. Полевая схема 4 (кукуруза, свиной пальчатый, рожь) K:	48.1	Акры		16.6
108. Полевая схема 5 (многолетний арахис) N:	40.0	Акры		9.8
109. Полевая схема 5 (многолетний арахис) P:	150.1	Акры		22.3
110. Полевая схема 5 (многолетний арахис) K:	57.8	Акры		20.0
111. Полевая схема 6 (кукурузный силос, многолетний арахис) N:	40.0	Акры		9.8
112. Полевая схема 6 (кукурузный силос, многолетний арахис) P:	113.3	Акры		16.8

113. Полевая схема 6 (кукурузный силос, многолетний арахис) К:	56.3	Акры		19.4
Стоимость покупных удобрений:				
114. Ст-сть/фунты N:	\$0.36	\$/фунты N		\$0.36
115. Ст-сть/фунты P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	\$0.32	\$/фунты P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		\$0.32
116. Ст-сть/фунты P (2.29 x P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ):	\$0.73	\$/фунты P		\$0.73
117. Ст-сть/фунты K <sub>2</sub> O:	\$0.15	\$/фунты K <sub>2</sub> O		\$0.15
118. Ст-сть/фунты K (1.20 x K <sub>2</sub> O):	\$0.18	\$/фунты K		\$0.18
Стоимость восстановленных из навоза удобрений в год				
119. С бюджетом на основе фосфора (с использованием всех восстановленных веществ N, P, K)	\$12,774	\$/год		\$2,966
120. С бюджетом на основе азота (с использованием всего восстановленного азота, 40% фосфора, 90% калия)	\$9,873	\$/год		\$2,484
<sup>1</sup> В эти ячейки Вы вносите данные по вашей ферме. Остальные данные посчитаны.				

- **Примечания**
- 1. Этот документ является одним из документов-статей, опубликованных факультетом научного животноводства (Центр повышения квалификации, Институт пищевых и сельскохозяйственных наук, университет Флориды). Впервые опубликован в мае 1998 года. Проверен в июне 2003. См. сайт <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- 2. Г.Г. Ван Горн, факультет животноводческих и птицеводческих наук, Г. Киддер, геологический факультет, И.С. Френч, агрономический факультет и Р.А. Нордштедт, сельскохозяйственный и биологический факультеты, Центр повышения квалификации, Институт пищевых и сельскохозяйственных наук, университет Флориды, Гейнсвилль, 32611. Г.Л. Ньютон, Университет Джорджии, Экспериментальная лаборатория Тихоокеанской равнины, Тифтон, штат Джорджия.