

На правах рукописи



003453838

ОРЛОВ ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ВЛИЯНИЯ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
И АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия
03.00.16 – Экология

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

2 1 433 0 01

Брянск – 2008

Работа выполнена на кафедре агрохимии и агроэкологии
ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

Научные руководители: докт. с.-х. наук, проф. **Титова Вера Ивановна**
докт. с.-х. наук **Дабахова Елена Владимировна**

Официальные оппоненты: докт. с.-х. наук, проф. **Просьянников**
Евгений Владимирович
канд. с.-х. наук **Моисеенко Федор Васильевич**

Ведущая организация: ГНУ «ВНИПТИ органических удобрений и торфа»

Защита состоится **29 ноября 2008 г. в 14⁰⁰ часов** на заседании диссертационного совета Д 220.005.01 в ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия» по адресу: 243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА, корпус 1, ауд. 216; e-mail: cit@bgsha.com; факс 8-(483-41)-24-721.

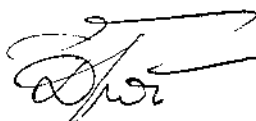
Объявление и автореферат размещены на сайте: www.bgsha.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия».

Приглашаем Вас принять участие в работе Совета или прислать свой отзыв на автореферат диссертации в 2-х экземплярах, заверенных гербовой печатью.

Автореферат разослан 27 октября 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук



Дронов А.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. С появлением птицеводческих хозяйств промышленного типа возникла серьезная проблема утилизации их отходов, среди которых по объемам образования первое место занимает птичий помет. Многочисленными научными исследованиями и практикой ведения сельского хозяйства доказано, что данный материал является ценным органическим удобрением, способствующим повышению продуктивности культур и улучшению свойств почвы, поэтому целесообразность его утилизации в агроэкосистеме не вызывает сомнений. Однако, поскольку перевозка помета на дальние расстояния, а также его переработка являются весьма затратными и в большинстве случаев нерентабельными, возникает необходимость постоянного внесения его высоких доз на ограниченной территории, прилегающей к птицекомплексу. В таких условиях возможно возникновение негативных процессов, в частности, снижение продуктивности фитоценоза, ухудшение качества растительной продукции, загрязнение почвы, а также контактирующих с ней воды и воздуха. В результате помет из ценного органического удобрения при определенных дозах его внесения переходит в разряд опасных материалов, способствующих ухудшению состояния окружающей среды.

Для предотвращения подобных процессов необходимо жесткое нормирование процесса утилизации помета, которое предполагает определение максимальных доз его внесения, не наносящих ущерба окружающей среде, что возможно только при наличии сведений о специфике воздействия высоких доз помета на компоненты агроэкосистемы.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлась оценка влияния высоких доз птичьего помета (отхода предприятия индустриального птицеводства) на продуктивность и показатели качества сельскохозяйственных культур, а также свойства светло-серой лесной почвы.

В программу исследований входило решение следующих задач:

- 1) изучение прямого действия и последствия высоких доз (25-100 т/га) полужидкого помета в звене полевого севооборота «кукуруза – ячмень – горчица» на продуктивность, показатели качества и безопасности культур;
- 2) оценка возможности использования жидкого птичьего помета (в дозах 100-400 т/га) для подкормки злакового травостоя;
- 3) выявление динамики агрохимических показателей светло-серой лесной легкосуглинистой почвы на фоне внесения помета и оценки гумусового состояния почв, длительное время использовавшихся для утилизации отходов птицеводческого комплекса;
- 4) характеристика влияния высоких доз полужидкого и жидкого помета на азотный режим почвы;
- 5) оценка агрономической и биоэнергетической эффективности использования птичьего помета в агроэкосистеме.

Научная новизна. В условиях светло-серых лесных почв Нижегородской области определены максимальные разовые дозы полужидкого и жидкого помета, не угнетающие фитоценоз и не приводящие к ухудшению качества растительной продукции.

Установлено, что на фоне длительного применения помета увеличивается обогащенность гумуса азотом, повышается степень гумификации органического вещества, тип гумуса из фульватного переходит в гуматно-фульватный.

При внесении высоких доз птичьего помета наблюдается возрастание валового содержания азота и его негидролизующих соединений, происходит снижение подвижности азота за счет сужения соотношения $N_{\text{дг}}/N_{\text{тг}}$.

Защищаемые положения:

- продуктивность, качество и безопасность растительной продукции при внесении высоких доз птичьего помета;
- агрохимические свойства и азотный режим светло-серой лесной почвы, удобрявшейся различными видами птичьего помета.

Практическая значимость. Полученные результаты востребованы при разработке проектов безопасной утилизации птичьего помета в агроэкосистеме как строящихся птицекомплексов, так и уже функционирующих; при выработке подходов и принципов к процедуре нормирования антропогенной нагрузки, обусловленной утилизацией помета; при осуществлении управления качеством окружающей среды на предприятиях индустриального птицеводства.

Отдельные положения работы используются в учебных курсах Нижегородской ГСХА в процессе преподавания дисциплин «Агрохимия», «Система применения удобрений», «Сельскохозяйственная экология», «Оценка воздействия на окружающую среду», «Экологическая экспертиза».

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на I^{ой} международной научно-практической конференции «Роль экологического пространства в обеспечении функционирования живых систем», проходившей в 2005 г. в г. Елец Липецкой области, и международной научно-практической конференции «Агрохимия и экология: история и современность», организованной кафедрой агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА (2008 г.). По материалам диссертации опубликовано 5 научных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает разделы общей характеристики работы, обзора литературы, описаний условий и методов проведения работы, а также 4 главы раздела «Результаты исследований», выводы, список используемой литературы. Материалы диссертации изложены на 153 страницах, содержат 66 таблиц, 2 рисунка. Список литературы включает 191 наименование, в том числе 12 источников иностранных авторов.

Выражаю искреннюю благодарность всему коллективу кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА и руководству ОАО «Агрофирма «Птицефабрика Сеймовская» за консультационную и организационную поддержку при подготовке и написании диссертационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

Автором проанализирован большой научный и практический материал, свидетельствующий, что длительное применение птичьего помета вносит определенные изменения в процесс почвообразования и состояния агроэкосистем. Причем, на фоне применения его повышенных и высоких доз, данные изменения, как правило, носят негативный характер. Для предупреждения же и приостановления неблагоприятных последствий утилизации отходов птицеводства (птичьего помета) в агроэкосистеме необходимо строгое нормирование его внесения, что на сегодняшний день осложняется недостаточным количеством исследований, проведенных в данном направлении.

Оценена роль различных азотсодержащих фракций в формировании азотного состояния почвы и их роль в обеспечении питания растений. Констатируется, что несмотря на высокую лабильность азотных соединений почвы, наблюдения за динамикой азотного режима очень важны, в том числе – с экологических позиций, для характеристики состояния компонентов окружающей среды.

Глава 2. Условия и методика проведения исследований

Исследования проводились в 2002 – 2004 гг. в условиях микрополевых опытов кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА.

Микрополевые опыты № 1 и № 2 заложены на светло-серой лесной легкосуглинистой почве, образованной на покровных суглинках. Размер делянок составлял 1 м², плодородность 3-х кратная. Размещение делянок в опыте полностью рендомизированное. На момент закладки опыта почва имела следующие свойства: содержание гумуса 1,5 %, рН_{KCl} 5,6; Н_r равно 2,1, а S – 12,7 мг-экв/100 г почвы; содержание подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову) 256 мг/кг и 103 мг/кг соответственно. Помет в опытах вносился в кратно возрастающих дозах. С минимальной (однократной) дозой (в опыте № 1 соответствующей 25 т/га полужидкого помета; в опыте № 2 – 100 т/га жидкого помета) в почву поступало 180 кг азота, 300 кг фосфора (в пересчете на P₂O₅), 140 кг калия (в пересчете на K₂O). В качестве контроля использовался вариант без внесения удобрений.

В опыте № 1 на изучение были поставлены следующие дозы полужидкого куриного помета (в тоннах в пересчете на гектар): 25 (вариант ПП 25); 50 (вариант ПП 50); 75 (вариант ПП 75); 100 (вариант ПП 100). Прямое действие помета изучалось в 2002 г. на кукурузе сорта Обский 150 СВ (F₁), в 2003 г. – на ячмене сорта Эльф. Оценка последствия помета проводилась в 2004 г. при выращивании горчицы белой сорта Радуга.

В опыте № 2 изучали влияние подкормки мятлика лугового сорта Победа жидким куриным пометом в дозах, составляющих 100 (вариант ПП 100), 200 (вариант ПП 200), 300 (вариант ПП 300), 400 (вариант ПП 400) тонн в пересчете на гектар. Укосы проводили в фазу начала цветения один раз в 2002 году и дважды в 2003 и 2004 гг. Подкормки проводили по одному разу за вегетационный сезон при отрастании трав. В 2004 году в обоих опытах изучали последствие ранее внесенного помета.

В качестве дополнения к полученным в микрополевых опытах данным о влиянии длительного применения высоких доз птичьего помета на свойства почвы, проводился анализ содержания и качественного состава гумуса в образцах светло-серой лесной почвы, прилегающих к ОАО «Птицефабрика Кудьминская» Богородского района Нижегородской области, где в течение десяти лет (две ротации пятипольного севооборота) утилизировался полужидкий птичий помет разовой дозой 200 т/га (насыщенность в среднем за 2 ротации составила 65 т/га). При оценке особенностей гумусового состояния почвы использовался метод сравнения: показатели контрольного участка сравнивали с показателями фонового участка. Контрольный участок представлял собой поле площадью 37,7 га (согласно паспортной ведомости участок № 21), территориально приближенное к помехохранилищу и испытывающее существенную антропогенную нагрузку вследствие внесения высоких доз помета. В качестве фона был выбран участок площадью 35,1 га (паспортизуемый участок № 18), расположенный в сходных условиях рельефа и в пределах той же почвенной разности, но используемый для утилизации помета.

Почвы участков – светло-серые лесные легкосуглинистые на покровных суглинках. Агрохимическая характеристика почвы обоих участков приведена в таблице 1.

1. Агрохимическая характеристика светло-серой лесной легкосуглинистой почвы контрольного и фонового участков

Участок	рН _{KCl}	мг/кг			мг-экв/100 г				V %
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	H _r	S	T	
Фоновый	4,7	137	133	5,8	2,5	4,0	8,6	12,6	68,3
Контрольный	5,7	831	113	10,8	3,2	2,0	14,2	16,2	87,7

Лабораторные исследования проведены в лаборатории кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА.

Анализы почв выполнены в соответствии с принятыми в современной лабораторной практике руководствами. В частности: обменная кислотность в $1n\text{ KCl}$ с последующим определением на ионометре типа ЭВ-74; гидrolитическая кислотность - по Каппену и сумма поглощенных оснований – по Каппену-Гильковичу; содержание гумуса – по Тюрину в модификации Никитина, фракционно-групповой состав гумуса – по Пономаревой - Плотниковой; подвижные формы фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО с последующим определением P_2O_5 колориметрически на ФЭК-56М, K_2O на пламенном фотометре FLAPHO-4; валовое содержание азота – по Кьельдалю (ГОСТ 26107-84); нитратный и аммонийный азот – колориметрически согласно ГОСТ 26488-85 и ГОСТ 26489-85; фракции легкогидролизуемого и трудногидролизуемого азота – по методу Ф.К. Воробьева в модификации Шконде-Королевой; негидролизуемый азот находили по разности между валовым содержанием азота и суммарным содержанием минерального азота, легкогидролизуемой и трудногидролизуемой фракций органического азота.

При анализе растений использовали следующие методы: определение содержания азота, фосфора и калия из одной навески после мокрого озоления по методу Гинзбург – смесью H_2SO_4 и $HClO_4$ с последующим определением азота методом Кьельдаля; фосфора – по методу Мерфи-Райли колориметрически на ФЭК-56М; калия – на пламенном фотометре FLAPHO-4; нитратов – потенциометрически по методу ЦИНАО на ионометре ЭВ –74 (с помощью ионоселективного электрода).

Анализ удобрений выполнен по методикам, регламентирующим проведение подобной работы (ГОСТ 26715 – 85; ГОСТ 26717 – 85; ГОСТ 26718 – 85).

Математическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа (по Б.А. Доспехову), корреляционного и регрессионного анализа. Коэффициенты корреляции и параметры уравнений множественной регрессии были рассчитаны с использованием программы MS Excel (Герасимов Ю.Ю., Хлюстов В.К., 2001).

Глава 3. Влияние птичьего помета на продуктивность культур

Результаты, полученные при исследовании влияния полужидкого птичьего помета на продуктивность культур в звене севооборота представлены в таблице 2.

2. Урожайность культур в микрополевоом опыте № 1, ц корм. ед./га

Вариант опыта	Доза по азоту, кг/га	Кукуруза, 2002 г.	Ячмень, 2003 г.		Горчица, 2004 г.	В сумме за 3 года
			зерно	солома		
1. Контроль	0	37,4	23,0	8,4	8,0	76,8
2. ПП 25	180	66,1	35,8	11,0	9,4	122,3
3. ПП 50	360	73,7	37,9	11,0	8,9	131,5
4. ПП 75	540	79,0	33,8	8,7	9,9	131,4
5. ПП 100	720	65,7	21,3	8,0	12,6	107,6
<i>HCP₀₅</i>	-	7,9	3,4	1,4	0,8	8,7

Обобщение полученных в опыте № 1 данных свидетельствует о том, что наибольший уровень урожайности достигнут на вариантах с внесением полужидкого куриного помета в дозах 50 т/га (360 кг/га азота) и 75 т/га (540 кг/га азота). При максимальной продуктивности возделываемых культур большим выходом продукции на единицу внесенного помета характеризуется вариант ПП 50.

В микрополевом опыте № 2 сбор кормовых единиц с гектара суммарно за три года исследований характеризовался более высокими значениями как на контрольном, так и на удобренных вариантах, что, по нашему мнению, связано с биологическими особенностями возделываемой культуры – мятлика лугового, который является многолетней и многоукосной культурой (табл. 3).

3. Суммарная продуктивность травостоя мятлика лугового в опыте № 2, ц корм. ед./га

Вариант опыта	Доза по азоту, кг/га	Мятлик луговой			В сумме за 3 года
		2002 г.	2003 г.	2004 г.	
1. Контроль	0	14,1	42,7	31,5	88,3
2. ПП 100	180	23,6	75,5	45,9	145,0
3. ПП 200	360	24,4	100,5	48,5	173,4
4. ПП 300	540	16,3	89,9	58,5	164,7
5. ПП 400	720	16,4	97,5	62,7	176,6
<i>НСР₀₅</i>	-	2,0	3,5	2,2	12,6

Продуктивность мятлика лугового в целом за три года на вариантах с внесением помета значительно выше, чем на варианте без удобрений. Немаловажно отметить, что на вариантах с эквивалентными дозами азота различия по средневзвешенной урожайности за три года исследований в опыте № 2 менее выражены по сравнению с таковыми в опыте № 1. В целом, в опытах № 1 и № 2 отмечена общая закономерность: количество помета, необходимое для формирования наивысшей урожайности, соответствует дозе азота 360 кг/га.

Содержание нитратов в кукурузе (опыт № 1) не превышало норм ПДУ (табл. 4).

4. Содержание нитратов в зеленой массе кормовых культур, мг/кг

Опыт № 1		Опыт № 2					
Вариант опыта	Кукуруза, 2002 г.	Вариант опыта	2002 г.	2003 г.		2004 г.	
				1	2	1	2
1. Контроль	291	1. Контроль	228	154	165	120	160
2. ПП 25	272	2. ПП 100	488	121	186	129	454
3. ПП 50	408	3. ПП 200	379	143	219	169	477
4. ПП 75	336	4. ПП 300	466	159	282	254	487
5. ПП 100	375	5. ПП 400	535	135	347	286	488
<i>НСР₀₅</i>	24	-	44	12	18	8	7
<i>ПДУ</i>				500			

Использование высоких доз жидкого птичьего помета под мятлик луговой приводило к увеличению содержания нитратов в травах, а при дозе 400 т/га (2002 г.) было обнаружено превышение ПДУ по рассматриваемому показателю.

Определение химического состава продукции показало, что применение помета влияет на содержание элементов питания в растениях: увеличение дозы ПП в большинстве случаев приводит к повышению их содержания.

Глава 4. Влияние высоких доз птичьего помета на свойства почв

4.1. Физико-химические и питательные свойства почв

Применение высоких доз птичьего помета способствует повышению содержания гумуса и подвижных форм элементов питания в почве. Причем концентрация подвижных фосфатов даже после однократного внесения изучаемого удобрения достигает

очень высоких значений (более 1000 мг/кг). Данный процесс интенсивнее протекает на фоне внесения жидкого помета.

4.2. Гумусовое состояние почв

Результаты определения гумусового состояния почв приведены в таблице 5.

5. Некоторые показатели гумусового состояния почв

Участок	Гумус, %	C _{общ} , %	N _{общ} , %	C : N	Обогащенность гумуса азотом
Фоновый	2,03	1,18	0,102	11,6	низкая
Контрольный	2,45	1,42	0,147	9,7	средняя
<i>НСР₀₅</i>	<i>0,38</i>	<i>0,22</i>	<i>0,008</i>	-	-

Согласно градации пахотных почв РФ по степени гумусированности (Когут Б.М., 2003), утвержденной «Методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения», почва фоновой участка характеризуется как среднегумусированная, контрольного – относится к сильногумусированным. По показателям содержания гумуса и обменной кислотности фоновая почва считается среднекультурной, почва контрольного участка – сильнокультурной (Никитин Б.А., Гогмачадзе Г.Д., 2003).

Содержание органического углерода на контрольном участке превышает таковое на фоновом участке на 20 относ. %. Прирост валового содержания азота (в сравнении с органическим углеродом) на контрольном участке более значителен и составляет 44 относ. % по сравнению со значением, отмеченным на фоновой территории, вследствие чего наблюдается изменение обогащенности гумуса азотом с низкой до средней.

Значительно более интенсивным приростом, составляющим 148 относ. % на контрольном участке по сравнению с фоном (табл. 6), характеризуется сумма гуминовых кислот, что обуславливает изменение степени гумификации органического вещества, согласно градации Орлова Д.С. и др. (2004, 2005), со слабой до средней. Абсолютное содержание фульвокислот увеличивается не так значительно (контроль превышает фон ~ в 1,6 раза). Соответственно, на систематически удобрявшемся пометом участке изменяется гуматно-фульватное отношение, что соответствует гуматно-фульватному типу гумуса по Д.С. Орлову, О.Н. Бирюковой (2005). На фоновом участке тип гумуса относится к фульватному.

6. Групповой состав гумуса

Участок	C _{общ} , % к почве	Гуминовые кислоты	Фульво-кислоты	Нераств. остаток	C _{гк} :C _{фк}	C _{гк} :C _{общ} x 100 %
Фоновый	1,18	0,153* 12,97**	0,292 24,74	0,735 62,29	0,52	12,97
Контрольный	1,42	0,380 26,80	0,457 32,23	0,581 40,97	0,83	26,76
<i>НСР₀₅</i>	-	<i>0,075*</i>	<i>0,141*</i>	<i>0,153*</i>	-	-

* - С группы в % к массе почвы; ** - С группы в % к C_{общ}

Гуматно-фульватное отношение связано с азотным фондом почвы, причем наиболее тесная положительная связь установлена между величиной соотношения и содержанием фракции трудноголиролизуемого азота почвы (Помазкина Л.В., 1985). В связи с этим можно предположить, что на участке, длительно удобрявшемся пометом, вместе с

увеличением значения $C_{гк}:C_{фк}$ существенно возрастает количество трудногидролизуемых соединений азота почвы. Данная гипотеза нашла подтверждение в условиях микрополевых опытов, где было выявлено значительное возрастание содержания трудногидролизуемого азота на фоне внесения высоких доз птичьего помета.

Содержание нерастворимого остатка в почве, длительное время удобрявшейся птичьим пометом, классифицируется по Л.А. Гришиной и Д.С. Орлову (1978) как среднее, в фоновой почве оно является высоким. В целом количество нерастворимого остатка на контрольном участке существенно ниже фона.

На фоновом участке в составе гуминовых превалирует фракция 1, уменьшение содержания идет в ряду $ГК-1 > ГК-2 > ГК-3$ (рис. 1); подобный характер изменения отмечается и для фульвокислот. На контрольном участке фракции образуют ряды $ГК-3 > ГК-2 > ГК-1$ и $ФК-3 > ФК-1 > ФК-2 > ФК-1а$ (рис. 2), что связано с малым средством фульвокислот к кальцию (табл. 7).

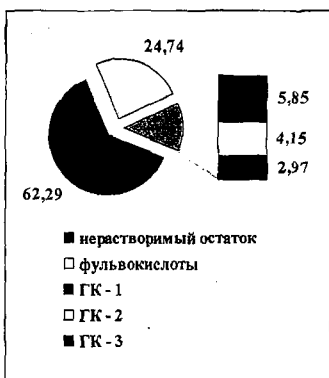


Рис. 1. Групповой состав гумуса и фракции гуминовых кислот фонового участка (в % к $C_{общ}$)

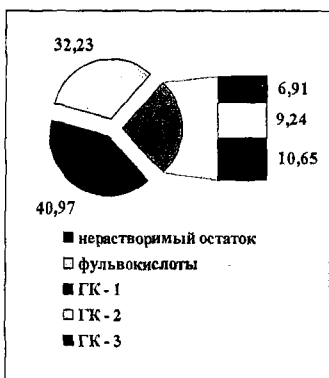


Рис. 2. Групповой состав гумуса и фракции гуминовых кислот контрольного участка (в % к $C_{общ}$)

7. Фракционный состав гумуса

Участок	Фракции гуминовых кислот			Фракции фульвокислот			
	1	2	3	1а	1	2	3
Фоновый	0,069*	0,049	0,035	0,030	0,112	0,091	0,059
	45,10**	32,00	22,90	10,27	38,36	31,16	20,21
Контрольный	0,098	0,131	0,151	0,026	0,133	0,079	0,219
	25,78	34,48	39,74	5,68	29,11	17,29	47,92
HCP_{05}	0,026*	0,047	0,031	0,009	0,041	0,023	0,045

* - С фракции в % к массе почвы; ** - С фракции, % к сумме ГК

Доля свободных гуминовых кислот (ГК-1) в общем объеме группы ГК на фоновом участке составляет более 45 % (средний уровень), а на контрольном участке гораздо меньше (около 26 %, низкий уровень). Абсолютное содержание свободных ГК в почвах обоих участков практически одинаково. Относительное содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК-2), в обеих почвах находится на низком уровне. Содержание прочно связанных гуминовых кислот (ГК-3) в почве участка, длительное время удоб-

ржавшегося пометом, существенно выше (характеризуется как высокое), чем на фоновой территории, причем как в абсолютном, так и в относительном выражении.

Различия по абсолютному содержанию фракций фульвокислот между исследуемыми почвами менее значительны, кроме третьей фракции, содержание которой в почве, длительное время удобрявшейся птичьим пометом в 3,7 раза выше, чем на контрольном участке. Отличительной особенностью почв обоих участков является малое содержание фракции 1а (низкое на фоновом и очень низкое на контрольном участке).

Глава 5. Азотный режим при внесении высоких доз птичьего помета

5.1. Влияние птичьего помета на азотный режим почвы в звене севооборота «кукуруза-ячмень-горчица белая»

Влияние высоких доз полужидкого куриного помета на азотный режим почвы изучалось в опыте №1 в 2002-2003 гг. в звене севооборота «кукуруза – ячмень» с определением общего, минерального и фракций органического азота (по Шконде – Королевой).

Увеличение дозы вносимого птичьего помета вызывает адекватное увеличение содержание валового азота в почве (табл. 8), описываемое зависимостью, близкой к функциональной ($r = 0,98$). При этом статистический анализ зависимости величины валового азота в почве от составляющих его органических фракций свидетельствует, что содержание азота в почве определяется изменением содержания в его составе трудногидролизуемой отгоняемой фракции (зависимость отмечена по обоим годам исследования) и негидролизуемой фракции азота (оказавшей наиболее сильное влияние в 2004 г.).

8. Влияние доз полужидкого куриного помета на содержание азота в почве, опыт № 1

Вариант опыта	Общий азот, мг/кг	Содержание фракций азота, % к общему азоту			
		минеральный азот $N-NH_4 + N-NO_3$	легкогидролизуемый азот $N_{лг}$	трудногидролизуемый азот $N_{тг}$	негидролизуемый азот
Ячмень, 2003 г.					
1. Контроль	903,6	2,67	13,99	9,16	74,33
2. ПП 25	922,3	2,63	14,37	9,64	73,36
3. ПП 50	1006,3	2,53	14,44	11,76	71,27
4. ПП 75	1053,5	3,74	11,14	12,49	72,64
5. ПП 100	1155,0	3,67	11,00	14,55	70,79
<i>HCP₀₅</i>	49,6	-	-	-	-
Горчица, 2004 г.					
1. Контроль	913,5	1,04	12,75	11,88	74,33
2. ПП 25	974,2	1,24	17,30	6,32	75,14
3. ПП 50	1051,8	1,21	15,16	12,11	71,52
4. ПП 75	1128,2	1,23	15,64	8,38	74,75
5. ПП 100	1134,0	0,71	14,54	12,04	72,72
<i>HCP₀₅</i>	36,1	-	-	-	-

Изменения содержания гидролизующихся фракций органического азота почвы отражены в таблице 9.

Данные 2003 года свидетельствуют, что на трех из четырех вариантов с применением полужидкого куриного помета отмечалось существенное возрастание трудногидролизующихся соединений азота, тогда как содержание легкогидролизующихся соединений азота в почве не зависело от доз помета и на всех удобренных вариантах оставалось на уровне контроля. Прирост абсолютного содержания трудногидролизующихся соединений

азота в изучаемых почвах на фоне внесения высоких доз полужидкого помета настолько значителен, что приводит к увеличению относительного его содержания. Так, при максимальной дозе удобрения (100 т/га) наблюдается увеличение абсолютного содержания трудногидролизуемых соединений азота на 92 % по сравнению с контролем, сопровождающееся возрастанием относительного содержания с 9,16 до 14,55 %.

9. Изменение содержания гидролизуемых фракций органического азота почвы при утилизации полужидкого помета

Вариант	Легкогидролизуемый азот $N_{гр}$		Трудногидролизуемый азот $N_{гт}$		$N_{гр}/N_{гт}$
	мг/кг	+/- в % к контролю	мг/кг	+/- в % к контролю	
Ячмень, 2003 г.					
1. Контроль	133,9	-	87,7	-	1,53
2. ПП 25	132,5	-1,0	88,9	+1,4	1,49
3. ПП 50	145,3	+8,5	118,3	+34,9	1,23
4. ПП 75	117,4	-12,3	131,6	+50,1	0,89
5. ПП 100	127,0	-5,2	168,0	+91,6	0,76
<i>НСР₀₅</i>	16,8	-	23,7	-	-
Горчица, 2004 г.					
1. Контроль	116,5	-	108,5	-	1,07
2. ПП 25	168,5	+44,6	61,6	-43,2	2,74
3. ПП 50	159,5	+36,9	127,4	+17,4	1,25
4. ПП 75	176,5	+51,5	94,5	-12,9	1,87
5. ПП 100	164,9	+41,5	136,5	+25,8	1,21
<i>НСР₀₅</i>	29,4	-	27,1	-	-

В 2004 г. тенденция последовательного увеличения трудногидролизуемой фракции азота отсутствовала. По легкогидролизуемой фракции на всех удобренных вариантах, существенно не различающихся между собой, отмечалось достоверное превышение значения контроля. В оба года исследований отмечается последовательное увеличение содержания негидролизуемых соединений азота (на единицу массы почвы) в зависимости от доз полужидкого помета, тогда как относительное (в % к валовому азоту) количество рассматриваемой фракции демонстрирует тенденцию к снижению.

Выявлена обратная зависимость между изменением относительных величин трудногидролизуемой отгоняемой и негидролизуемой фракций азота, в 2003 г. выраженная явно (возрастание относительного содержания трудногидролизуемой фракции сопряжено с уменьшением количества негидролизуемой фракции), а в 2004 г. – неявно (максимумы по содержанию показателя «негидролизуемый азот» соответствуют минимумам азота трудногидролизуемых соединений, и наоборот).

5.2. Влияние птичьего помета на азотный режим почвы под многолетними травами

При внесении жидкого помета процент минерального азота в почве с увеличением дозы помета сразу после его внесения (2003 г.) возрастал (табл. 10), но через год содержания травостоя (2004 г.) – снижались.

Изменение гидролизуемых фракций почвенного азота в зависимости от доз жидкого куриного помета представлено в таблице 11.

Значительное возрастание содержания легкогидролизуемого азота отмечается в вариантах, соответствующих максимальным его дозам, меньшие дозы не оказывают достоверного влияния на данную фракцию. При повышении дозы помета до 300 т/га наблюдается возрастание содержания трудногидролизуемых соединений азота до макси-

мального значения (177,8 мг/кг), но с увеличением дозы помета до 400 т/га прирост содержания анализируемого показателя по сравнению с контролем в три раза меньше, чем на варианте ПП 300.

10. Влияние доз жидкого куриного помета на содержание азота в почве, опыт № 2

Вариант	Общий азот, мг/кг	Содержание фракций азота, % к общему азоту			
		минеральный азот N-NH ₄ + N-NO ₃	легкогидролизуемый N _{лг}	трудногидролизуемый N _{тг}	негидролизуемый
Мятлик луговой, 2003 г.					
1. Контроль	906,1	2,30	15,63	7,93	74,14
2. ПП 100	983,5	1,71	14,80	7,97	75,52
3. ПП 200	1088,5	1,59	12,69	10,67	75,05
4. ПП 300	1141,0	2,24	16,04	15,58	66,14
5. ПП 400	1273,3	2,36	16,88	8,58	72,18
<i>НСР₀₅</i>	50,1	-	-	-	-
Мятлик луговой, 2004 г.					
1. Контроль	917,9	1,91	13,52	8,74	75,83
2. ПП 100	1014,3	1,56	10,96	9,32	78,16
3. ПП 200	1134,5	1,18	11,72	11,45	75,65
4. ПП 300	1250,2	1,32	9,42	16,81	72,45
5. ПП 400	1253,7	1,24	17,98	10,35	70,43
<i>НСР₀₅</i>	43,1	-	-	-	-

11. Изменение содержания гидролизующихся фракций органического азота почвы при утилизации жидкого помета

Вариант	Легкогидролизующийся азот N _{лг}		Трудногидролизующийся азот N _{тг}		N _{лг} /N _{тг}
	мг/кг	+/- в % к контролю	мг/кг	+/- в % к контролю	
Мятлик луговой, 2003 г.					
1. Контроль	141,6	-	71,9	-	1,97
2. ПП 100	145,6	+2,8	78,4	+9,0	1,86
3. ПП 200	138,1	-2,5	116,2	+61,6	1,19
4. ПП 300	183,0	+29,2	177,8	+147,3	1,03
5. ПП 400	214,9	+51,8	109,2	+51,9	1,97
<i>НСР₀₅</i>	4,0	-	6,2	-	-
Мятлик луговой, 2004 г.					
1. Контроль	124,1	-	80,2	-	1,55
2. ПП 100	111,2	-10,4	94,5	+17,8	1,18
3. ПП 200	133,0	+7,2	129,9	+62,0	1,02
4. ПП 300	117,7	-5,2	210,2	+162,1	0,56
5. ПП 400	225,4	+81,6	129,8	+61,8	1,74
<i>НСР₀₅</i>	6,7	-	8,9	-	-

Характер изменения фракций гидролизующегося азота почвы в 2004 г. в целом соответствует таковому в 2003 г., хотя есть отличия. Изменения в содержании трудногидролизующегося азота проявляются так же, как и в 2003 г., но в количественном отношении имеет более выраженный характер. Относительное содержание наиболее консервативной негидролизующейся фракции азота почвы при дозах жидкого помета до 200 т/га остается на уровне, характерном для изучаемой почвы; дальнейшее повышение утилизующейся дозы помета приводит к значительному снижению процента описываемой фракции.

Известно, что содержание негидролизуемой фракции азота, наибольшей по процентному содержанию среди органических фракций, обеспечивает стабильность азотного фонда почвы и в этом смысле может рассматриваться в качестве одного из значимых параметров устойчивости почвы к антропогенному воздействию. В наших исследованиях зафиксировано значительное увеличение содержания трудногидролизуемой фракции азота при внесении дозы 300 т/га жидкого помета, что позволяет предположить либо частичный переход негидролизуемой формы азота в трудногидролизуемую, либо снижение способности почвы фиксировать поступающий с пометом азот в составе негидролизуемых соединений.

Учитывая, что одной из задач исследования было установление критической дозы утилизации птичьего помета, кроме показателя «характерный для данной почвы процент негидролизуемых соединений азота», мы рассчитали соотношение легкогидролизуемой дистиллируемой фракции азота к трудногидролизуемой фракции ($N_{лг}/N_{тг}$), что позволило охарактеризовать подвижность азотистых соединений в почве. Установлено, что с ростом дозы утизируемого помета в целом прослеживается тенденция к сужению соотношения $N_{лг}/N_{тг}$, что свидетельствует о снижении степени подвижности органического азота почвы.

Поскольку сужение соотношения $N_{лг}/N_{тг}$, как и тенденция к снижению процентного содержания негидролизуемых соединений азота, является следствием одного и того же процесса, который в опыте № 2 наблюдался при дозе жидкого помета, превышающей 200 т/га, то логично предположить взаимосвязь изменения данных показателей. При этом максимальное значение соотношения $N_{лг}/N_{тг}$, отмеченное в 2003 году, составило 1,19. В опыте № 1 установлено, что значение показателя $N_{лг}/N_{тг}$, наиболее близкое к 1,2, по материалам обоих лет исследований отмечается при дозе полужидкого помета в 50 т/га. При дальнейшем же увеличении доз происходит дальнейшее сужение соотношения $N_{лг}/N_{тг}$, что для рассматриваемых почв (светло-серых лесных почв Нижегородской области) указывает на превышение порога устойчивости.

Вторым критическим уровнем воздействия отходов промышленного птицеводства (опыт № 2) на устойчивость азотного фонда почвы следует считать дозу жидкого помета 400 т/га, при которой отмечается резкое расширение соотношения $N_{лг}/N_{тг}$ по сравнению с меньшими испытываемыми дозами помета, вызванное увеличением содержания легкогидролизуемого дистиллируемого азота, достигающего максимальных значений как в абсолютном, так и в относительном выражении, а также существенным снижением количества трудногидролизуемой фракции до уровня, соответствующего дозе жидкого помета 200 т/га.

Глава 6. Эффективность применения высоких доз птичьего помета

6.1. Баланс элементов питания в почве

Внесение высоких доз птичьего помета приводит к серьезным изменениям в почвенно-биотическом комплексе. Особенно актуально это для азота, избыточное поступление которого в почву может привести к серьезным негативным последствиям. Расчет баланса при утилизации птичьего помета позволяет регулировать антропогенную нагрузку на агроэкосистему и нормировать внесение птичьего помета.

В таблице 12 приведены усредненные данные по балансу элементов питания при последовательном выращивании культур звена севооборота (опыт № 1) и злакового травостоя (опыт № 2), который был различен для разных культур.

При выращивании кукурузы (опыт № 1, 2002 г.) на фоне минимальной дозы внесения баланс по азоту был отрицательным, во всех остальных случаях – положительным. При этом дозу в 50 т/га можно считать максимальной относительно безопасной дозой для данной культуры, поскольку при более высоких дозах баланс по азоту превышает 100 %, а коэффициенты его использования незначительны. В таких условиях велика вероятность непроизводительных потерь данного элемента питания (азота), сопровождающихся негативным воздействием на окружающую среду.

Количество фосфора, поступающего с птичьим пометом, во всех случаях намного превышает потребности кукурузы в нем. В результате баланс достигает 543 %, хотя при максимальной дозе внесения птичьего помета интенсивность баланса меньше. Баланс по калию был положительным только при внесении 100 т птичьего помета на 1 га.

12. Влияние различных доз птичьего помета на баланс элементов питания в почве

Показатели		Доза птичьего помета, т/га*				
		0	25	50	75	100
Опыт № 1						
N	кг/га	-189,5	+63,7	+407,8	+776,1	+1164,1
	%	-100,0	+21,5	+130,6	+247,9	+421,9
	БКИУ**	-	0,82	0,43	0,28	0,19
P ₂ O ₅	кг/га	-82,1	+465,3	+1035,3	+1614,8	+2040,0
	%	-100,0	+345,4	+628,6	+871,9	+1411,8
	БКИУ**	-	0,22	0,14	0,10	0,06
K ₂ O	кг/га	-302,3	-268,6	-21,0	+240,4	+607,3
	%	-100,0	-49,0	-3,6	+40,1	+118,4
	БКИУ**	-	1,96	1,04	0,71	0,46
Опыт № 2						
		0	100	200	300	400
N	кг/га	-58,6	+242,5	+534,0	+877,0	+1212,4
	%	-100,0	+206,4	+287,1	+432,0	+532,7
	БКИУ**	-	0,33	0,26	0,19	0,16
P ₂ O ₅	кг/га	-39,3	+517,4	+1109,5	+1724,2	+2325,1
	%	-100,0	+626,4	+1226,0	+2274,7	+3104,3
	БКИУ**	-	0,28	0,15	0,08	0,06
K ₂ O	кг/га	-145,5	+17,7	+223,2	+546,4	+734,8
	%	-100,0	+6,7	+66,3	+186,1	+190,8
	БКИУ**	-	1,87	1,20	0,70	0,69

* дозы помета: в опыте № 1 – полужидкого, в опыте № 2 – жидкого;

** балансовый коэффициент использования удобрений

Внос элементов питания ячменем (опыт № 1, 2003 г.) был значительно меньшим, чем вынос предшествующей ему кукурузой, и, как следствие, баланс более положительным: даже при минимальной дозе внесения баланс по азоту составил более 150 %, а при максимальной дозе достиг 1412 %. По фосфору баланс варьировал от 623 до 3996 %, а балансовый коэффициент использования данного элемента в большинстве случаев составлял сотые доли от единицы. Даже баланс по калию в данном случае был положительным и при максимальной дозе внесения превышал 450 %.

В сумме за два года баланс по азоту во всех случаях характеризовался как положительный, но ближе к оптимуму (90-115%) был на вариантах с меньшими дозами внесения (ПП 25 и ПП 50). Баланс по фосфору отличался очень высокой интенсивностью, что свидетельствует об интенсивной аккумуляции фосфатов в почве. Прирост же со-

держания калия в почве возможен только при дозах 75 и 100 т/га полужидкого птичьего помета.

Аналогичные результаты наблюдались в опыте № 2 при подкормке многолетнего злакового травостоя высокими дозами жидкого птичьего помета. Очень интенсивный положительный баланс по азоту и фосфору сопровождался крайне низкими балансовыми коэффициентами их использования из органического удобрения. При этом интенсивность баланса напрямую зависела от дозы внесенного удобрения. Баланс по калию на фоне первой опытной дозы был слабоположительным, на фоне последующих – интенсивным.

6.2. Коэффициенты использования элементов питания из птичьего помета на фоне высоких доз его применения

Коэффициент использования азота из птичьего помета кукурузой однозначно определялся дозой внесения; при этом наблюдалась обратная зависимость между дозой внесенного с удобрением элемента и долей его потребления (табл. 13).

13. Коэффициенты использования (КИУ) основных элементов питания из птичьего помета

Варианты опыта	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	1	2	КИУ, %	1	2	КИУ, %	1	2	КИУ, %
кукуруза									
1. Контроль	-	142,3	-	-	55,1	-	-	211,9	-
2. ПП 25	180	225,2	46	300	93,2	13	140	416,8	146
3. ПП 50	360	233,5	25	600	113,3	10	280	438,8	81
4. ПП 75	540	234,4	17	900	140,0	9	420	468,7	61
5. ПП 100	720	228,5	11	1200	115,2	10	560	415,6	36
ячмень									
1. Контроль	-	47,2	-	-	27,0	-	-	90,4	-
2. ПП 25	180	71,1	13	300	41,5	5	140	131,8	29
3. ПП 50	360	78,7	9	600	51,4	4	280	142,2	18
4. ПП 75	540	69,5	4	900	45,2	2	420	130,9	10
5. ПП 100	720	47,4	0	1200	29,3	0	560	97,1	1
злаковый травостой									
1. Контроль	-	58,6	-	-	39,3	-	-	145,5	-
2. ПП 100	360	117,5	16	600	82,6	5	280	262,3	42
3. ПП 200	720	186,0	18	1200	90,5	4	560	336,8	34
4. ПП 300	1080	203,0	13	1800	75,8	2	840	293,6	18
5. ПП 400	1440	227,6	12	2400	74,9	0	1120	385,2	21

1 – внесено элемента с удобрениями, кг/га; 2 – хозяйственный вынос элемента урожаем, кг/га

Коэффициенты использования фосфора варьируют незначительно (9-13 %). В интервале доз от 50 до 100 т/га значение коэффициента практически стабильное и несколько меньшее, чем при первой опытной дозе. Использование калия на фоне первой опытной дозы превышает 100 % (что свидетельствует о существенной мобилизации калия почвы), но по мере увеличения дозы помета резко снижается (максимальное значение КИУ превышает минимальное в 4 раза).

Ячмень характеризовался относительно низким усвоением элементов питания из птичьего помета. При этом следует отметить, что чем меньше коэффициенты использования элементов из вносимых удобрений, тем выше непродуктивные потери биогенных элементов и сопряженная с ними нагрузка на агроэкосистему.

Для коэффициентов использования элементов питания злаковым травостоем также в целом характерны невысокие значения, хотя, несмотря на поверхностное внесение удобрений, коэффициенты использования азота и калия характеризуются несколько большими значениями, чем КИУ по данным элементам для ячменя. Различий в потреблении фосфора из помета злаковым травостоем (опыт № 2) и ячменем (опыт № 1) отмечено не было. С увеличением дозы жидкого помета значения КИУ по всем элементам питания снижаются, причем в отношении азота изменение показателя менее выражено по сравнению с таковым для фосфора и калия.

Расчеты показали, что в целом усредненные значения коэффициентов использования элементов питания на фоне внесения высоких доз птичьего помета составили: по азоту – 15 %, по фосфору – 5 % и по калию – 41 %.

6.3. Агрономическая и энергетическая эффективность птичьего помета

Проведенные исследования позволяют констатировать, что применение высоких доз птичьего помета характеризуется относительно невысокой окупаемостью прибавкой урожая (как правило, ниже нормативной), причем доза удобрения и агрономическая эффективность находятся в обратной зависимости. Энергетически оправданным его применение было только при внесении минимальной дозы под кукурузу. Применение жидкого помета во всех случаях было неэффективным.

ВЫВОДЫ

1. Максимальная продуктивность культур в звене севооборота «кукуруза – ячмень – горчица» получена при внесении 50-75 т/га помета: прибавка по отношению к контролю в среднем составила 25 %. Дальнейшее увеличение дозы вело к снижению урожайности опытных культур, а на фоне максимальной дозы наблюдалось фитотоксическое действие удобрения – снижение урожайности на 20 % по отношению к вариантам с наибольшей продуктивностью.
2. Наибольшую прибавку урожайности многолетнего злакового травостоя обеспечила доза жидкого помета 200 т/га – сбор кормовых единиц повышался на 96 % по сравнению с неудобренным вариантом. Увеличение дозы не привело к дальнейшему приросту биомассы трав.
3. Содержание основных элементов питания – азота, фосфора и калия – в растительной продукции при внесении птичьего помета увеличивается. На фоне применения максимальной испытуемой дозы удобрения (400 т/га) выявлено ухудшение качества трав – увеличение содержания нитратов свыше допустимых пределов.
4. Длительное применение птичьего помета влияет на гумусовое состояние светлосерой лесной почвы: увеличивается обогащенность гумуса азотом (с низкой на фоновом участке до средней на систематически удобрявшемся); тип гумуса изменяется с фульватного до гуматно-фульватного; значение показателя $C_{гум}/C_{общ}$ составляет 27 %, что существенно выше, чем на фоновой территории (13 %) и соответствует средней степени гумификации органического вещества; среди фракций гуминовых и фульвокислот преобладает третья фракция, при этом в фоновой почве наибольшую долю в общем объеме групп составляют ГК-1 и ФК-1.

5. Внесение птичьего помета способствует возрастанию валового содержания азота и его негидролизующих соединений, происходит снижение подвижности элемента за счет сужения соотношения $N_{гр}/N_{ст}$. Критической дозой птичьего помета, свыше которой происходит снижение устойчивости азотного фонда почвы, следует считать 50 т/га (для полужидкого помета) и 200 т/га (для жидкого помета).
6. На фоне внесения птичьего помета наблюдался очень интенсивный положительный баланс по азоту и фосфору, который сопровождался крайне низкими балансовыми коэффициентами их использования. Интенсивность баланса напрямую зависела от дозы внесенного удобрения. Баланс по калию был преимущественно слаболожительным. Усредненные значения коэффициентов использования элементов питания на фоне внесения высоких доз птичьего помета составили: по азоту – 15 %, по фосфору – 5 % и по калию – 41 %.
7. Применение высоких доз, превышающих 25 т полужидкого и 100 т жидкого птичьего помета на 1 га, в растениеводстве энергетически неэффективно и имеет низкую агрономическую эффективность (окупаемость удобрений прибавкой урожая).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

При утилизации птичьего помета в агроэкосистеме предельной дозой внесения следует считать 50 т полужидкого и 200 т жидкого птичьего помета в расчете на 1 га, которые обеспечивают устойчивость азотного фонда светло-серой лесной почвы и наибольшую урожайность сельскохозяйственных культур при удовлетворительном качестве продукции.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Орлов, П.В. Из истории формирования современных представлений о значении органических и минеральных веществ в питании растений / П.В. Орлов // Новое в науке XXI века (Межвузовский научный сборник). – Нижний Новгород, 2004. – С. 26 – 29.
2. Орлов, П.В. Коэффициент использования азота птичьего помета и его баланс в агроэкосистеме / П.В. Орлов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова // Плодородие. – 2005. – № 3. – С. 29.
3. Орлов, П.В. Особенности функционирования и устойчивость агроэкосистем в условиях концентрации сельскохозяйственного производства / П.В. Орлов, Е.В. Дабахова // Роль экологического пространства в обеспечении функционирования живых систем: Материалы Первой Международной научно-практической конференции. – Елец, 18 – 20 апреля 2005 г. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2005. – С. 88 – 90.
4. Титова, В.И. К вопросу об обеспеченности почвы азотом при внесении птичьего помета / В.И. Титова, Е.В. Дабахова, П.В. Орлов // Нижегородский аграрный журнал. – 2006. – № 3. – С. 17 – 20.
5. Орлов, П.В. Влияние высоких доз куриного помета на фракционный состав азота светло-серой лесной почвы / П.В. Орлов // Агрохимия и экология: история и современность. Материалы международной научно-практической конференции. Том 1. / Нижегородская гос. с. – х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2008. – С. 195 – 198.

Отпечатано с готового оригинала-макета в ООП Волго-Вятской академии гос. службы

Лицензия ИД №04568 от 20 апреля 2001 г.

Лицензия ПД №180140 от 8 октября 2001 г.

Подписано в печать 20.10.08.

Формат 60×84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.

Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Зак. 5366.

Издательство Волго-Вятской академии государственной службы

603950, Нижний Новгород-292, пр. Гагарина, 46

тел./факс: (831) 412-33-01