

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МИКРОБИОЛОГИИ**

---

На правах рукописи

**ЦЮПКА**  
Вячеслав Павлович

УДК 631.46/.841

**МИКРОФЛОРА И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ  
ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ  
ЖИДКОГО АММИАКА В КАЧЕСТВЕ  
АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ**

Специальность: 03.00.07 — Микробиология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

**ЛЕНИНГРАД**  
**1991**

Диссертационная работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте сельскохозяйственной микробиологии (г. Ленинград) и в Центрально-Черноземном филиале Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова (г. Белгород).

Научный руководитель — доктор биологических наук, профессор **Ю. В. Круглов.**

Официальные оппоненты — доктор биологических наук, профессор **В. Т. Емцев;** кандидат биологических наук **Н. А. Туев.**

Ведущее учреждение — Украинский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского (г. Харьков).

Защита состоится *«29» ноября* 1991 г. в *13<sup>30</sup>* час. на заседании Специализированного совета К.020.26.01 по присуждению ученой степени кандидата биологических наук во Всесоюзном научно-исследовательском институте сельскохозяйственной микробиологии по адресу: 188620, Ленинград—Пушкин-6, шоссе Подбельского, 3, ВНИИСХМБ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан *«22» октября* 1991 г.

Ученый секретарь  
Специализированного совета,  
кандидат биологических наук

**А. Н. Зарецкая**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В ассортименте азотных удобрений особое место занимает жидкий (безводный) аммиак (ГОСТ 6221-82). По мнению ряда авторов (Баранов, 1958; Адамс, Андерсон, Хэлберт, 1965; Кулаков, 1977; Добротворский, Рыжиков, 1981; Данилов, Попов, 1983; Пожарский, Попов, 1985; Вяткин, 1987; Andrews, 1966; Patel, 1976), быстрый рост объемов его производства и применения объясняется тем, что по сравнению с другими видами азотных удобрений жидкий аммиак обладает рядом преимуществ:

- самое концентрированное и дешевое азотное удобрение;
- возможность полной механизации всех процессов транспортировки, хранения, подготовки и внесения;
- минимальные потери при хранении, транспортировке, заправке и внесении;
- отсутствие необходимости в разовой таре.

Известно, что аммиак в высшей степени химически активен, а также токсичен. Поэтому, изучение влияния жидкого аммиака на структуру и функционирование комплекса почвенных микроорганизмов становится необходимым условием общей оценки его как одного из видов азотных удобрений.

Однако, несмотря на сравнительно большое количество работ, посвященных изучению различных, в том числе микробиологических, свойств почвы после внесения данного вида удобрения, нет исчерпывающих исследований по влиянию многолетнего систематического применения жидкого аммиака на микрофлору и биохимические процессы в почве, проведенных в полевом опыте.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы заключалась в оценке влияния многолетнего систематического применения жидкого аммиака на микрофлору и биохимические процессы в черноземе выщелоченном с тем, чтобы дать почвенно-микробиологическое обоснование эффективному и экологически безопасному его использованию. В задачу исследований входило:

- изучение характера распределения жидкого аммиака в черноземе выщелоченном и динамики его превращения;
- изучение степени влияния жидкого аммиака на физические и химические свойства, характеризующие почву как среду обитания;
- изучение влияния жидкого аммиака на микрофлору и биохимические процессы в черноземе непосредственно после внесения;
- изучение динамики изменений численности различных группировок микрофлоры, а также биохимических процессов в черноземе выщело-

Черном под влиянием многолетнего систематического применения жидкого аммиака в сравнении с аммиачной селитрой;

- изучение влияния систематического применения жидкого аммиака на агрохимические свойства чернозема выщелоченного, а также на урожай различных сельскохозяйственных культур.

Научная новизна. Впервые изучено влияние жидкого аммиака на микрофлору и биохимические процессы чернозема выщелоченного. Показано, что аммиак, вносимый в почву через инжектор, распределяется в ней локально. Выявлено, что в зоне удержания радиусом 2,5 см создаются высокие концентрации аммиака, изменяются физико-химические свойства почвы, резко снижается численность микроорганизмов, изменяется активность ферментов. Вне зоны удержания аммиака такой эффект отсутствует, что обуславливает быструю репарацию почвенно-микробиологических процессов.

Многократное применение жидкого аммиака вызывает перегруппировку почвенной микрофлоры и оказывает отрицательное влияние на качество сельскохозяйственной продукции.

Предложена новая модификация определения нитрификационной способности почвы, что позволяет повысить производительность труда.

Практическое значение. Почвенно-микробиологическая оценка последствий многолетнего систематического применения жидкого аммиака будет использована Центральным-Черноземным филиалом ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н.Прянишникова для составления рекомендаций по технологии эффективного и экологически безопасного применения этого вида азотных удобрений в Центральном-Черноземной зоне.

Разработанная автором новая модификация способа определения потенциальной нитрифицирующей способности почвы внедрена в Центральном-Черноземном филиале ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н.Прянишникова.

Апробация работы. Основные положения диссертации представлены и обсуждены на I и II конференциях молодых ученых и специалистов Центральном-Черноземного филиала ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н.Прянишникова (Белгород, 1986, 1987), на XXI Конференции молодых ученых ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н.Прянишникова (Москва, 1987), на II конференции молодых ученых и студентов Белгородского сельскохозяйственного института (1987), на на-

учной конференции молодых ученых и специалистов "Проблемы генетики, селекции и интенсивной технологии сельскохозяйственных культур" Всероссийского НИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова (Рамонь Воронежской обл., 1989), на научной конференции-курсе молодых ученых и специалистов "Вклад молодых ученых в интенсификацию сельскохозяйственного производства" Украинского НИИ почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского (Уарьков, 1989), на заседании Всесоюзного координационного Совета по известкованию почв "Научно-методические подходы и эффективность известкования оподзоленных и выщелоченных черноземов" (Белгород, 1990), на конференции молодых ученых и специалистов Украинского НИИ почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского (Уарьков, 1991).

Публикации. По материалам диссертации получено 1 авторское свидетельство на изобретение и опубликовано 7 научных, 2 научно-популярных статьи, а также 3 информационных листка Белгородского ЦНТИ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, списка литературы и приложений и содержит 117 стр. машинописного текста, 7 таблиц, 13 рисунков и 7 приложений. Список литературы включает 126 наименований, в том числе 21 зарубежных.

Автор выражает благодарность кандидату сельскохозяйственных наук Н.П. Богомазову за представление возможности проведения исследований в полевом опыте, а также за использование агрохимических и урожайных данных в диссертации.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Условия проведения опыта. Исследования проводили в полевом стационарном опыте Центрально-Черноземного филиала Всесоюзного орлена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. Опыт расположен в Корочанском районе Белгородской области в Среднерусской лесостепи с умеренно-континентальным климатом. По данным Н.П. Богомазова, почва опыта представлена старопашотным черноземом выщелоченным среднемошным среднетумусным тяжелосуглинистым, образованным на лессовидных суглинках.

У характеристика опыта. Поделой опыт размещен на 2-х полях. Повторность опыта трехкратная. Посевная площадь деланки составляет 132 м<sup>2</sup> (22 x 6 м).

В опыте использован типичный зерно-свекловичный севооборот.

Агротехника выращивания культур соответствовала зональной с использованием районированных сортов и гибридов интенсивного типа.

Почвенно-микробиологические исследования проводили на 3 вариантах опыта: 1) НаАРК; 2) МаАРК; 3) МаАРК + дефекат (на 2-ом поле использовали дроблений мел).

В опыте использовали следующие виды удобрений:

Наж - аммиак жидкий технический (ГОСТ 6221-82);

Наа - селитру аммиачную (ГОСТ 2-85);

Р - суперфосфат двойной гранулированный (ГОСТ 16306-80);

К - 40 % калийную соль (ТУ 113-13-13-82);

дефекат - отход производства Чернянского сахарного завода с содержанием около 18 %  $\text{H}_2\text{O}$ , 36 %  $\text{CaCO}_3$  и органического вещества;

дроблений мел - фракция 0-20 мм из отвалов Стойленского месторождения Курской Магнитной Аномалии с содержанием 93,9 %  $\text{CaCO}_3$  при 3,6 % влажности.

Минеральные удобрения вносили в следующих дозах:

- под урожай сахарной свеклы по 180 кг/га азота, фосфора и калия;
- под урожай ячменя 60 кг/га азота (на втором поле не вносили);
- под урожай кукурузы (на силос) по 120 кг/га азота, фосфора и калия;
- под урожай гороха по 60 кг/га фосфора и калия.

Дефекат вносили под сахарную свеклу в полной дозе из расчета по гидролитической кислотности, что соответствовало 24,3 т/га (8,8 т/га  $\text{CaCO}_3$ ).

Все удобрения вносили под зябь.

Дополнительно на защитной полосе полевого опыта изучали влияние жидкого аммиака на почву сразу после его применения. При этом его внесли 31 августа 1987 года после уборки озимой пшеницы сразу после дискования в дозе 180 кг/га азота серийными долотообразными рабочими органами на глубину 8-10 см. Этот же вопрос изучали в августе 1984 года на производственном поле колхоза им. Ватутина Шебекинского района Белгородской области на черноземе типичном среднетугуемом тяжелосуглинистом.

Методика исследований. На делянках полевого опыта почву для учета микробиологических, биохимических и агрохимических показателей отбирали несколько раз за вегетационный период на глубину 30 см (пахотный горизонт). Анализу подвергали средние почвенные образцы, составленные из 30 индивидуальных, отобранных по 10 на

каждой из 3 повторных делянок.

На защитной полосе полевого опыта почвенные образцы отбирали на глубину 15 см перед внесением жидкого аммиака, через 1 час, а также на 5-й и 20-й дни после внесения, а на производственном поле — на глубину пахотного горизонта (30 см) перед внесением, через 1 час и через 1 сутки после внесения. Анализу подвергали средние почвенные образцы, составленные из 10 индивидуальных.

Потенциальную аммонифицирующую способность определяли в свежесобранной почве по скорости накопления аммонийного азота за 7 суток в пересчете на 100 г абсолютно сухой почвы. Для этого из почвенного образца отбирали 2 пробы. В одной из них определяли начальное содержание аммонийного азота с помощью поточного анализатора "Skalar" и влажность термовесовым способом (Аристовская, Владимирская, Голлербах и др., 1962), а в другой определяли эти же показатели, но после компостирования с 2 % гороховой муки при температуре 28°C и влажности 60 % от полной влагоемкости в течение 7 суток.

Потенциальную нитрифицирующую способность определяли также в свежесобранной почве по скорости накопления нитратного азота за 21 сутки в пересчете на 100 г абсолютно сухой почвы. Для этого из почвенного образца отбирали 2 пробы. Одну из них высушивали при температуре 100–105°C, а другую подвергали компостированию с 0,1 %  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и 0,2 %  $\text{CaCO}_3$  при температуре 28°C и влажности 60 % от полной влагоемкости в течение 21 суток. После компостирования почву также высушивали при температуре 100–105°C. После этого как в исходной пробе, так и в прокомпостированной определяли содержание нитратного азота с помощью поточного анализатора "Skalar", предварительно измельчив почву с просеиванием через сито с диаметром отверстий 2 мм.

Активность кислой и щелочной фосфатаз определяли модифицированным способом Галотьяна и Арутюняна (1966). При этом по окончании ферментативной реакции в колбу добавляли 0,8 М раствор  $\text{H}_3\text{BO}_3$  и 0,1 М раствор  $\text{CaCl}_2$  (Геллер, Гинзбург, 1977, 1979).

Активность каталазы определяли модифицированным газометрическим способом Галотьяна (Газиев, 1976). Модификация заключалась в том, что реакцию проводили в сосуде, предназначенном для определения дыхания в приборе Варбурга (внутренний сосудик при этом удаляли).

Содержание щелочнорастворимого, а также водорастворимого гу-

муса определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-64) соответственно в щелочной вытяжке (фильтрат, полученный после встряхивания в течение 20 минут 25 г почвы с 50 мл 1 н раствора КОН) и водной вытяжке (Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями, 1983).

Содержание аммонийного и нитратного азота определяли в солевой вытяжке (40 г почвы и 100 мл 1 % раствора  $K_2SO_4$ ) с помощью почочного анализатора "Skalar".

Остальные показатели определяли известными способами. При этом активность ферментов определяли в свежееотобранной почве, отобранной на делянках полевого опыта, а также в воздушно-сухой почве, отобранной на защитной полосе.

Все результаты приводили к массе абсолютно сухой почвы.

При статистической обработке количественных показателей рассчитывали доверительный интервал на 5 %-ом уровне значимости, предполагая, что данные численности микроорганизмов подчиняются закону распределения Пуассона (Теплер, Шильникова, Переверзева, 1987), а остальные изученные показатели - закону нормального распределения Гаусса (Глотов, Животовский, Хованов, Хромов-Борисов, 1982).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 1. Влияние жидкого аммиака на микрофлору и биохимические процессы в черноземе выщелоченном

Внесенный в дозе 180 кг/га азота жидкий аммиак распространялся в почве локально - не далее 10 см (индикация реактивом Неслера). При расстоянии между инжекторами 32-38 см создавалось чередование полос почвы шириной около 20 см, подвергшейся воздействию жидкого аммиака, а также полос почвы шириной около 12-18 см, не подвергшейся его влиянию. При этом наибольшая часть внесенного аммиака закрепилась в зоне радиусом около 2,5 см от точки внесения, а также в борозде, оставленной стойкой рабочего органа аппликатора. Эта наиболее концентрированная зона удержания аммиака составила около 2 % от всей тридцатисантиметровой толщии пахотного слоя.

В зонах наибольшего удержания аммиака радиусом 2,5 см в I-ый день наблюдений концентрация аммиачного азота возросла в 50 раз и достигла значения 214,7 мг/кг. При этом значение pH почвы повысилось с 5,5 до 7,1, окислительно-восстановительного потенциала Eh снизилось с 515 до 382 мв, содержание водорастворимого гумуса возросло в 1,8 раза, а щелочногидролизуемого органического азота -



почти в 3 раза по сравнению с почвой, не подвергнутой влиянию жидкого аммиака. На 5-ый, а также на 20-ый день отмечается стремление этих показателей к значениям, наблюдавшимся в почве между зонами удержания аммиака. В это же время содержание нитратного азота возрастает, что является результатом активизации процесса нитрификации. К 20-му дню наблюдений его содержание уже в 7 раз превышало значение в почве между зонами удержания и составляло 33,6 мг/кг. Кроме того, на 5-ый день наблюдений отмечалось достоверное повышение подвижности кальция.

Изменения температуры, влажности, показателя  $\text{NH}_2$ , а также содержания подвижного фосфора и щелочнорастворимого гумуса не достигали статистической достоверности.

Под воздействием высоких концентраций токсичного аммиака в зонах удержания в первый день наблюдалось резкое снижение численности различных групп микроорганизмов, что можно объяснить только массовой гибелью вегетирующих клеток. При этом численность бактерий, учитываемых на МПА и КАА, аммонификаторов, олигонитрофильных бактерий, автотрофных нитрификаторов, маслянокислых кластридий, анаэробных азотфиксаторов, целлюлозоразрушающих микроорганизмов, актиномицетов, а также сахаролитических микромицетов снижалась в I, I-4,0 раз, а численность денитрифицирующих бактерий - в 7-86 раз. В дальнейшем наблюдалось преимущественное размножение определенных групп микроорганизмов, что, в свою очередь, привело к перегруппировке микрофлоры в почве зон удержания аммиака. Очевидно, первоначальное преимущество получают группы микроорганизмов, которые оказываются наиболее приспособленными к повышенным концентрациям аммонийного азота, водорастворимого гумуса, к насыщению органического вещества аммонийным азотом, повышению pH, а также снижению окислительно-восстановительного потенциала. По мере изменения условий среды обитания в почве зон удержания аммиака в процессе жизнедеятельности микроорганизмов изменяется и структура комплекса почвенной микрофлоры.

Таким образом, внесение умеренных доз жидкого аммиака не может вызвать катастрофических необратимых изменений в структуре комплекса почвенной микрофлоры, что объясняется локальностью его воздействия. Несмотря на то, что в I-ый день в почве зон удержания аммиака наблюдается массовая гибель вегетирующих клеток под воздействием его токсичных концентраций, в дальнейшем наблюдается сукцессия микрофлоры в соответствии с изменяющимися условиями среды обитания, постоянное взаимодействие микрофлоры со средой

обитания способствует восстановлению биологического равновесия. Как известно, гомеостаз экосистемы обеспечивает триединый поток через нее вещества, энергии и информации (Одум, 1975). Жидкий аммиак является для микрофлоры одновременно и источником вещества, и источником энергии, и источником информации.

Изменения, происходящие в микрофлоре под воздействием жидкого аммиака, в некотором роде подобны изменениям, которые наблюдались при воздействии на почву атмосферным аммиаком (Долгова, Павлюкова, Гришко, 1986), аммиачной водой (Мирошниченко, 1958), щелочью (Заборских, Немирова, 1971), нагреванием, высушиванием, а также фунгицидами (Израильский, Рунов, 1925; Шепетильникова, Мишустин, 1939; Пешон, Баржак, 1960; Ladd, Brisbane, Butler, Amato, 1976; Ridge, 1976; Rovira, 1976). Под воздействием перечисленных факторов наблюдается массовая гибель вегетирующих клеток, которая сменяется успешной выживших микроорганизмов. Такая реакция на повреждающее воздействие была названа эффектом частичной стерилизации почвы. Конечно, в зависимости от природы воздействующего фактора могут наблюдаться особенности как гибели, так и дальнейшего размножения различных групп микроорганизмов. Тем не менее, можно утверждать, что жидкий аммиак, как и любой другой биопищный фактор, локально воздействующий на почву, вызывает эффект частичной стерилизации, проявляющийся в успешии выживших микроорганизмов в соответствии с изменяющимися условиями среды обитания. В более общем виде подобную реакцию биологической системы на повреждающее воздействие, при котором она только временно утрачивает способность к нормальному функционированию с последующей репарацией гомеостаза, принято называть стрессом, а воздействующий фактор - стрессором (Ждан-Пушкина, 1983). Отсюда следует, что по отношению к почвенной микрофлоре жидкий аммиак является стрессором.

В почве зон удержания в первые 5 дней наблюдается полное блокирование уреазы. Данный эффект можно объяснить тем, что повышенные концентрации аммиака инактивируют фермент по принципу отрицательной обратной связи, если рассматривать аммиак в качестве продукта гидролиза мочевины. При этом также отмечается достоверное повышение активности амилаз и инвертазы, а также тенденции к повышению активности протеаз. Увеличение активности амилаз и инвертазы можно объяснить тем, что повышенные концентрации минерального азота индуцируют синтез и выделение в почву этих гидролаз для обеспечения выживших клеток микроорганизмов доступным

источником углерода. Кроме того, активность инвертазы положительно коррелирует с содержанием подвижного гумуса в почве (Александрова, 1959; Хазиев, 1982), содержание которого в почве зон удержания аммиака в первый день возрастает. Активность протеаз может повышаться в соответствии с увеличением pH, так как известно, что optimum данного показателя для протеаз лежит выше 7,0 (Хазиев, 1976, 1982). Кроме того, по данным Хазиева (1982) активность почвенных протеаз положительно коррелирует с содержанием легкогидролизуемого, а также аммонийного азота, содержание которых в почве зон удержания возрастает. В дальнейшем активность этих ферментов стремится к значениям в почве между зонами удержания. Активность же кислой и щелочной фосфатаз, а также каталазы остается без существенных изменений вплоть до 20-го дня наблюдений.

## 2. Микрофлора и биохимические процессы в черноземе выщелоченном при систематическом применении жидкого аммиака

Исследования, проведенные в течение 4 лет на одном поле, показали, что на варианте с применением жидкого аммиака в пахотном слое почвы формируется комплекс микроорганизмов, отличающийся от варианта с применением аммиачной селитры. При этом, почти во все сроки наблюдений отмечалось достоверное преимущество в размножении олигонитрофильных бактерий. В 4 случаях наблюдений из 9 наблюдалось достоверное преимущество в размножении автотрофных нитрификаторов, а также актиномицетов. Кроме того, в 5-6 случаях наблюдений из 9 наблюдалась тенденция к преимущественному размножению денитрифицирующих бактерий, маслянокислых клостридий, анаэробных азотфиксаторов, а также микромицетов. Наконец, в 2 случаях наблюдений из 9 отмечалось достоверное снижение численности бактерий, учитываемых на МПА, а в 4 случаях - бактерий, учитываемых на КАА. Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, среди которых доминировали актиномицеты, в 3 случаях наблюдений из 9 достоверно повышалась, а в 1 - достоверно снижалась. Изменения в численности *Azotobacter*'а не достигали статистической достоверности.

Изменения в структуре комплекса почвенных микроорганизмов показывают, что жидкий аммиак, в отличие от аммиачной селитры, сильнее активизирует жизнедеятельность микроорганизмов, участвующих в трансформации аммонийного азота - нитрифицирующих и денитрифицирующих, что находится в полном соответствии с известным при-

ципом Ле-Шателье. При этом также активизируются микроорганизмы, участвующие на более поздних этапах трансформации органического вещества — актиномицеты, целлюлозоразрушители, спорообразующие бактерии, а также олиготрофные микроорганизмы. На интенсивное размножение перечисленных группировок микроорганизмов на более поздних этапах трансформации органического вещества указывают работы Мишустина и Тимофеевой (1944), Красильникова и Никитиной (1945), Мишустина (1948, 1972, 1975, 1982), Тейпер (1949), Рыбалкиной и Кононенко (1959), Кононовой (1963), Аристовской (1965, 1980), Никитина и Никитиной (1978), а также Мишустина и Емцева (1987). Отсюда можно предположить изменение качества органического вещества в пахотном слое почвы под воздействием жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой. И действительно установлено, что растения при этом накапливают большее количество азота с одновременным снижением содержания безазотистых запасных органических веществ. Отсюда можно предположить, что применение жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой вызовет большее накопление азота, но меньшее безазотистых органических веществ и в корневых, а также в пожнивных растительных остатках.

Систематическое применение жидкого аммиака в I случае наблюдений из 9 вызвало достоверное снижение активности кислот фосфатазы, а также каталазы в пахотном слое чернозема выщелоченного по сравнению с применением аммиачной селитры. Активность инвертазы при этом в I случае наблюдений из 9 достоверно повышалась, а в II — достоверно снижалась. Активность же уреазы, щелочной фосфатазы, а также суммарная активность амилаз и протеаз существенно не изменялась при замене аммиачной селитры жидким аммиаком.

Систематическое применение жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой в I случае наблюдений из 9 достоверно снизило потенциальную аммонифицирующую способность почвы всей толщи пахотного горизонта. Причем в последствии удобрений значения данного показателя существенно не изменяются. Также не достигают статистической достоверности изменения потенциальной нитрифицирующей способности почвы между вариантами с применением жидкого аммиака и аммиачной селитры. Интенсивность же разложения клетчатки под влиянием систематического применения жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой в I случае наблюдений из 6 достоверно повышается, а в остальных — отмечается тенденция к повышению. Изменения в интенсивности биохимических процессов хорошо согласуются с изменениями численности их возбудителей.

Внесение дефеката в сочетании с жидким аммиаком существенно не отражается на численности бактерий, учитываемых на МПА. Другие изученные группы микроорганизмов отзываются на этот прием. Так, в I случае наблюдений из 9 достоверно повышается численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Чаще дефекат оказывал положительное влияние на жизнедеятельность бактерий, учитываемых на КАА. В то же время, в I случае наблюдений из 9 достоверно снижается численность актиномицетов и более, чем в 2 раза - численность денитрифицирующих бактерий. Можно отметить более частое отрицательное влияние дефеката на численность олигонитрофильных бактерий, маслянокислых клостридий, автотрофных нитрификаторов, а также актиномицетов.

Дефекат, внесенный на фоне жидкого аммиака, не оказал существенного влияния на интенсивность разложения клетчатки, а также на потенциальную нитрифицирующую способность. Вместе с тем, в I случае наблюдений из 9 отмечалось достоверное снижение потенциальной аммонифицирующей способности почвы. В 4 случаях наблюдений из 9 достоверно повышалась активность щелочной фосфатазы, в 2 - достоверно снижалась активность инвертазы, а в I - достоверно повышалась активность каталазы.

### 3. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под воздействием систематического применения жидкого аммиака

На варианте с систематическим применением жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой на 5-ый год отмечается достоверное повышение гидролитической кислотности от 3,1 до 3,8 мг-экв./100 г. Это привело к достоверному снижению степени насыщенности почвы основаниями с 93,9 до 92,6 %. При этом достоверно повышается и содержание щелочнорастворимой фракции гумуса от 190 до 229 мг/100 г. Изменения pH солевой вытяжки, суммы поглощенных оснований, содержания гумуса, в том числе водорастворимой фракции, щелочногидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и калия между вариантами с систематическим применением жидкого аммиака и аммиачной селитры не достигают статистической достоверности.

Дополнительное внесение дефеката снижает подкисление, вызванное применением жидкого аммиака, но повышает содержание водорастворимого гумуса.

### 4. Влияние систематического применения жидкого аммиака на формирование урожая

• Как показывают результаты проведенных исследований, агроно-

мическая эффективность жидкого аммиака в сравнении с аммиачной селитрой зависит от возделываемой культуры и метеорологических условий вегетационного периода. Так, на варианте с применением жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой продуктивность сахарной свеклы и ячменя снижается, а продуктивность кукурузы возрастает. При этом, в более засушливый год снижение продуктивности сахарной свеклы выражено в большей степени, а повышение продуктивности кукурузы выражено в меньшей. Так, недобор массы корнеплодов сахарной свеклы в среднем за 1984-1985 г.г. составил 30 ц/га, а в более засушливый 1984 г. - 48 ц/га. Недобор массы зерна ячменя в 1986 г. составил 5,7 ц/га (последствие удобрений). Прибавка зеленой массы кукурузы в среднем за 1986-1987 г.г. составила 21 ц/га, а в более засушливый 1986 г. - 15 ц/га. Очевидно, условия для выращивания сахарной свеклы и ячменя на варианте с применением жидкого аммиака хуже по сравнению с аммиачной селитрой.

На варианте с применением жидкого аммиака также снижается качество растениеводческой продукции. При этом снижается накопление запасных безазотистых органических веществ и повышается накопление нитратов. Так, на варианте с применением жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой на 0,4-0,7 % снижается сахаристость корнеплодов сахарной свеклы, на 2,7 % снижается содержание крахмала в зерне ячменя, на 0,1-0,5 % снижается содержание жира в зеленой массе кукурузы. В то же время, содержание нитратного азота повышается в зерне ячменя в 1,3 раза, но остается в пределах ПДК (Крищенко, 1983), в соломе ячменя - в 33 раза, что в II раз выше ПДК, в зеленой массе кукурузы - в 1,4 раза, но остается в пределах верхней границы ПДК. В ботве сахарной свеклы нитратов накапливается в 7-21 раз выше ПДК как на варианте с жидким аммиаком, так и на варианте с аммиачной селитрой.

Как известно, накопление запасных безазотистых органических веществ в растении снижается в связи с расхождением их на связывание аммонийного азота, поступающего из почвы (Тимашов, 1981; Брей, 1983; Гавриленко, Гусев, Никитина, Хоффманн, 1986; Кретович, 1987). А накоплению нитратов в растениеводческой продукции способствует низкая нитратредуктазная активность растений, а также избыток нитратного азота в почве (Барсуков, 1986; Брей, 1986; Митяев, Краева, Посытная и др., 1986; Кретович, 1987). Избыток нитратного азота в почве, в свою очередь, образуется не только вносимым нитратным удобрением, а и благодаря стимулированию мие-

реализационных процессов, а также ингибированию иммобилизационных (Тарвис, Ливанова, 1984).

Применение известкования в сочетании с жидким аммиаком повышает продуктивность сельскохозяйственных культур в благоприятные по метеорологическим условиям годы и снижает их продуктивность в более засушливые. Вместе с тем, известкование не способствует повышению качества растениеводческой продукции.

## В В В О Д Ы

1. Жидкий аммиак, вносимый через инжектор, распределяется в почве локально. Высокие концентрации его (более 200 мг/кг) создаются в зонах удержания радиусом около 2,5 см по ходу инжектора, что составляет не более 2 % от всей тридцатисантиметровой толщи пахотного горизонта.

2. В зонах удержания аммиака существенно изменяются кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства почвы, подвижность и качество гумуса, а также подвижность ионов калия.

3. Жидкий аммиак является стрессором и вызывает в зонах удержания эффект частичной стерилизации почвы. В результате этого первоначальное резкое снижение численности микроорганизмов сменяется перегруппировкой и сукцессией выживших микроорганизмов в соответствии с изменяющимися условиями среды обитания.

4. В зонах удержания аммиака временно повышается активность инвертазы, амилазы и протеазы, а также инактивируется уреазы. Активность же кислой и щелочной фосфатазы, а также каталазы под воздействием жидкого аммиака существенно не изменяется.

5. Систематическое применение в качестве азотного удобрения жидкого аммиака обуславливает некоторые особенности формирования комплекса микроорганизмов в пахотном слое чернозема выщелоченного по сравнению с аммиачной селитрой. При этом, в почве создаются более благоприятные условия для размножения микроорганизмов, участвующих в трансформации аммонийного азота, а также на более поздних этапах трансформации органического вещества. Это приводит к торможению процесса аммонификации, а также к интенсификации процесса разложения клетчатки. При этом наблюдаются случаи снижения активности каталазы, а также кислой фосфатазы.

6. Систематическое применение жидкого аммиака в большей степени, чем применение аммиачной селитры, повышает гидролитическую кислотность в пахотном слое чернозема выщелоченного. Это способ-

ствует снижению насыщенности почвы основаниями. При этом также повышается содержание щелочнорастворимого гумуса.

7. Агрономическая эффективность жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой различается в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры, а также метеорологических условий вегетационного периода. Так, жидкий аммиак более эффективен при выращивании кукурузы на силос, но менее — при выращивании сахарной свеклы и ячменя. В более засушливые годы эффективность жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой снижается. Вместе с тем, жидкий аммиак способствует большому накоплению нитратов и снижению запасов безазотистых органических веществ в растениеводческой продукции, что приводит к снижению ее качества.

8. Применение на фоне жидкого аммиака дефеката способствует перегумификации комплекса микроорганизмов, изменению интенсивности и направленности биохимических процессов в пахотном слое чернозема выщелоченного в соответствии с изменяющимися условиями среды обитания. При этом значительно снижается подкисление почвы, но повышается содержание водорастворимого гумуса. Продуктивность культур повышается при известковании только в более благоприятные по метеорологическим показателям годы. Вместе с тем, известкование не способствует повышению качества растениеводческой продукции.

9. На основании проведенной работы можно констатировать, что несмотря на преимущества жидкого аммиака в производстве, транспортировке, хранении и применении, он оказывает отрицательное воздействие на плодородие чернозема выщелоченного даже в сочетании с известкованием по сравнению с аммиачной селитрой. Отрицательное влияние на урожай жидкого аммиака по сравнению с аммиачной селитрой усиливается в более засушливые годы.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Цюпка В. Аммиак и плодородие почвы // Знамя (Белгород). — 1987. — II авг. (Рекомендуют наука и опыт).

2. Цюпка В.П., Богомазов Н.П. Микрофлора чернозема выщелоченного при замене аммиачной селитры безводным аммиаком в зерно-свекловичном севообороте в условиях Центрально-Черноземной зоны // Бюл. ВНИИ с.-х. микробиологии. — 1987. — № 48. — С. 39-41.

3. Цюпка В.П., Богомазов Н.П., Кураков В.И. Микробиологические и агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожай сахарной свеклы при внесении аммиачной селитры и безводного амми-



ака // Науч. основы интенсив. технологии возделывания сахар. свеклы : Сб. науч. тр. - Воронеж, 1987. - С. 72-80.

4. Цюпка В.П., Богомазов Н.П. Влияние систематического применения жидкого аммиака на плодородие выщелоченного чернозема и качество растениеводческой продукции. - Белгород, 1988. - [3] с. - (Информ. листок / Белгор. межотраслевой территориал. ЦНТИ и пропаганды; № 263-88).

5. Цюпка В. Жидкий аммиак: "за" и "против" // Белгор. правда. - 1988. - 3 нояб. (Наука - производству).

6. Цюпка В.П., Круглов Ю.В., Великанов Л.П. Влияние безводного аммиака на микрофлору и ферментативную активность черноземов // Бюл. ВНИИ с.-х. микробиологии. - 1988. - № 50. - С. 13-16.

7. Цюпка В.П. Влияние систематического применения безводного аммиака в качестве азотного удобрения на микрофлору и биохимические процессы чернозема выщелоченного // Бюл. ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. - 1989. - № 92. - С. 73-76.

8. Цюпка В.П. Применение жидкого аммиака // Химизация сел. хоз-ва. - 1989. - № 5. - С. 65-68.

9. Цюпка В.П. Способ определения аммонификационной способности почвы. - Белгород, 1989. - [3] с. - (Информ. листок / Белгор. межотраслевой территориал. ЦНТИ и пропаганды; № 194-89).

10. Цюпка В.П. Систематическое применение жидкого аммиака на выщелоченном черноземе // Вестн. с.-х. науки. - 1989. - № 10. - Т. 133-135.

11. Цюпка В.П. Способ определения нитрификационной способности почвы. - Белгород, 1989. - [3] с. - (Информ. листок / Белгор. межотраслевой территориал. ЦНТИ и пропаганды; № 280-89).

12. Цюпка В.П. Влияние дефеката, внесенного на фоне жидкого аммиака // Химизация сел. хоз-ва. - 1990. - № 8. - С. 54-55.

13. Цюпка В.П. А. с. 164236 СССР, МКП 5 011 33/24. Способ определения нитрифицирующей способности почвы. - 1991. - [2] с.

