

71:04-6/51

НИЖЕГОРОДСКАЯ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

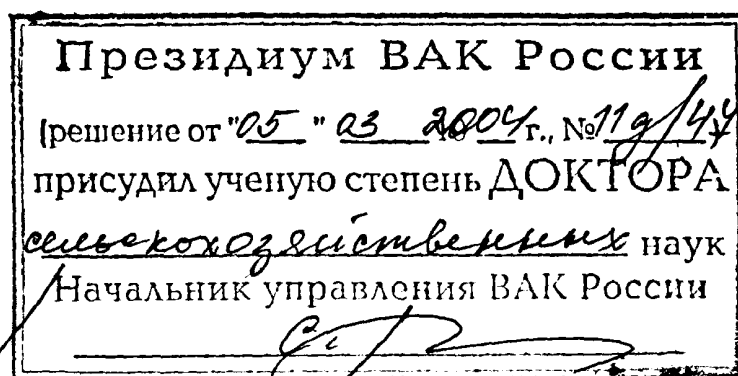
*На правах рукописи*

КАРАКСИН ВЛАДИМИР БОРИСОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО СВИНОВОДСТВА  
НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
И ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Специальность 03.00.16 - Экология  
(сельскохозяйственные науки)

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук



Научный консультант  
доктор с.-х. наук, профессор Титова В. И.

Н. Новгород - 2003

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
 <i>Глава 1. Основные экологические проблемы</i>	
<i>промышленного свиноводства .....</i>	<b>10</b>
1.1. Воздействие промышленного свиноводства на состояние воздушного и водного бассейна .....	10
1.2. Экологические проблемы, сопровождающие утилизацию свиного навоза .....	20
1.2.1. Возможности использования отходов свиноводства в сельском хозяйстве .....	20
1.2.2. Тяжелые металлы как основной загрязнитель в агроэкосистеме .....	32
1.3. Современные технологии очистки навозных стоков .....	41
 <i>Глава 2. Объекты и методы проведения исследований .....</i>	<b>56</b>
2.1. Эколого-хозяйственная характеристика базового предприятия .....	56
2.2. Система экологического мониторинга .....	65
2.3. Методика и условия проведения опытов .....	69
 <i>Глава 3. Характеристика системы очистки</i>	
<i>навозных стоков ОАО «Ильиногорское» .....</i>	<b>77</b>
3.1. Оценка эффективности существующей в хозяйстве системы очистки .....	77
3.2. Качественный состав органических отходов, получаемых на разных стадиях очистки навозосодержащих стоков .....	93
 <i>Глава 4. Влияние предприятия на гидрологическую</i>	
<i>составляющую экосистемы .....</i>	<b>101</b>

4.1. Характеристика поверхностных и грунтовых вод	
на территории свиного комплекса .....	101
4.1.1. Геолого-гидрологические условия .....	102
4.1.2. Характеристика качественного состава	
грунтовых вод .....	106
4.1.3. Мониторинг поверхностных вод .....	119
4.2. Оптимизация системы водопользования	
предприятия промышленного свиноводства .....	124
 <i>Глава 5. Анализ качественного и количественного состава</i>	
газообразных выбросов предприятия .....	128
5.1. Инвентаризация газообразных загрязнителей .....	128
5.2. Мониторинг состояния атмосферного воздуха	
в санитарно-защитной зоне предприятия .....	135
 <i>Глава 6. Оценка влияния хозяйственной деятельности предприятия</i>	
на состояние почвенно-биотического комплекса .....	145
6.1. Многолетняя динамика	
агрохимических показателей почв хозяйства .....	145
6.1.1. Почвы и почвообразующие породы .....	146
6.1.2. Водно-физические свойства почв хозяйства .....	150
6.1.3. Агрохимическая характеристика пахотных почв	
ОАО «Ильиногорское» .....	156
6.2. Характеристика почв по степени загрязнения	
тяжелыми металлами .....	164
6.2.1. Агроэкологическая оценка	
степени загрязнения почв хозяйства .....	164
6.2.2. Оценка влияния свиного навоза на загрязненность почв	
в условиях эксперимента .....	177
6.3. Микробиологическая активность почв хозяйства .....	183
6.3.1. Биологические свойства систематически удобрявшейся	
почвы под травостоем левзеи сафлоровидной .....	185
6.3.2. Потенциальная биологическая активность почв хозяйства ..	195

<i>Глава 7. Основные направления оптимизации</i>	
<i>    функционирования агробиогеоценоза .....</i>	211
7.1. Изучение возможности оптимизации	
соотношения элементов питания в почве .....	212
7.2. Оценка эффективности разных форм свиного навоза .....	231
<i>Глава 8. Пути оптимизации экологических издержек предприятия</i>	241
8.1. Характеристика экологических платежей .....	241
8.2. Экономическое обоснование	
стабилизации работы очистных сооружений	247
<b>Заключение</b>	252
<b>Выводы</b>	257
<b>Рекомендации производству</b>	260
<b>Список использованной литературы</b>	262
<b>Приложения</b>	296

## ВВЕДЕНИЕ

### *Актуальность исследований*

Интенсификация промышленности и сельскохозяйственного производства неразрывно связана с увеличением объемов потребления природных ресурсов и непрерывным ростом образующихся отходов, размещение которых происходит в окружающей среде. Вследствие этого, а также побочных воздействий объектов хозяйственной деятельности, возможно наступление необратимых изменений в экосистеме, приводящих к ее деградации и разрушению. В связи с этим необходимо выявление изменений, произошедших в окружающей среде вследствие уже осуществленной антропогенной деятельности, то есть на этапе функционирования хозяйственных объектов. Чтобы предотвратить данные процессы и обеспечить устойчивое развитие общества, следует предвидеть результаты антропогенного воздействия на окружающую природную среду, то есть на этапе планирования хозяйственной деятельности необходимо разрабатывать качественные и количественные прогнозы возможных изменений в экосистеме с последующей оценкой допустимости этих изменений. Таким образом, оценка воздействия на окружающую природную среду должна стать неотъемлемой частью планирования и управления хозяйственной деятельностью.

Однако объекты, связанные с сельскохозяйственным производством, остаются в основном не затронутыми данным исследовательским направлением. Между тем, нынешнее состояние земельного фонда можно оценить как критическое, что в совокупности с усилением процессов деградации почвенного покрова уже представляет угрозу экологической, продовольственной и национальной безопасности России (Добровольский Г.В. и др., 1992; Агроэкологическое состояние ..., 1996; Добровольский Г.В., 1998; Щербаков А.П., 1999). Особое значение подобные исследования имеют для территорий, находящихся в зоне влияния предприятий промышленного животноводства. Здесь, в условиях интенсивной антропогенной нагрузки на экосистемы, происходит существенная трансформация элементов и компонентов окружающей природной среды, следствием чего может стать срыв адаптации системы, приводящий к ее существенной перестройке или разрушению. Для от-

слеживания ситуации и оценки изменений, происходящих в экосистеме, необходимы исследования, основанные на анализе многолетней динамики интегральных показателей сред системы - воздушной, почвенной и водной.

### ***Цель и задачи исследования***

Провести комплексную оценку воздействия предприятия промышленного свиноводства на компоненты окружающей среды и выявить изменения, происходящие в ней под влиянием производственной деятельности. Разработать систему мероприятий, позволяющих минимизировать негативное воздействие производства и оптимизировать функционирование экосистемы, находящейся в зоне влияния крупного промышленного свиного комплекса.

#### **В задачи исследований входило:**

- оценить эффективность системы очистки навозных стоков;
- дать агроэкологическую характеристику органических отходов производства, образующихся на различных стадиях очистки навозосодержащих стоков;
- выявить влияние воздействия свиного комплекса на состояние водных объектов территории (грунтовых и поверхностных вод);
- разработать основные направления оптимизации системы водопользования предприятия промышленного свиноводства, включая варианты модернизации очистных сооружений;
- оценить влияние газообразных выбросов предприятия на состояние воздушного бассейна;
- проанализировать динамику агрохимических свойств дерново-подзолистых почв при длительном внесении свиного навоза;
- определить степень загрязнения почв тяжелыми металлами на фоне утилизации органических отходов свиного комплекса;
- оценить состояние почвенно-биотического комплекса по показателям биологической активности;

- изучить возможность оптимизации агробиогееценоза в условиях повышенной обеспеченности почв фосфором;
- выявить влияние разнообразных форм свиного навоза на состояние культурного фитоценоза с целью разработки рекомендаций по их безопасному применению;
- проанализировать экологические издержки предприятия, выявить наиболее затратную часть в системе экологических платежей и предложить пути их снижения.

### *Научная новизна*

В работе представлены результаты *комплексной оценки* состояния компонентов окружающей среды в зоне влияния предприятия промышленного свиноводства.

Анализ системы очистки, изначально ориентированной на работу с коммунальными стоками, показал ее несостоятельность при эксплуатации в условиях промышленного свиноводства: сбрасываемые в водный объект стоки в соответствии с действующими нормативами классифицируются как недостаточно очищенные по основным лимитирующим показателям (ХПК, БПК, взвешенным веществам и содержанию азота).

Газообразные выбросы предприятия не оказывают негативного влияния на состояние воздушного бассейна региональной экосистемы.

Длительная утилизация органических отходов предприятия промышленного свиноводства приводит к аккумуляции подвижных фосфатов в почве до аномально высоких значений (более 1000 мг/кг), резко нарушая при этом соотношение основных элементов питания.

Агроэкологическая оценка почв хозяйства позволила выявить увеличение концентрации подвижных форм тяжелых металлов. Сопряженность между концентрациями отдельных тяжелых металлов свидетельствует, что зафиксированное загрязнение связано с систематическим внесением свиного

навоза. Определены экотоксиканты, занимающие превалирующее положение в загрязнении пахотных угодий хозяйства: это цинк и свинец.

Выявлено негативное влияние высоких доз свиного навоза на состояние почвенно-биотического комплекса по показателям микробиологической активности.

### ***Практическая значимость***

Оценка воздействия ОАО «Ильиногорское» на компоненты окружающей природной среды, основанная на результатах многолетнего мониторинга, может служить основанием для формирования экологического прогноза развития ситуации в подобной агроэкосистеме.

Результаты оценки рекомендуются к использованию в качестве модельного объекта-аналога при разработке раздела «Экологическое обоснование» в предпроектной и проектной документации планируемых к реализации объектов хозяйственной деятельности (в частности, крупных свиноводческих комплексов) для прогнозирования воздействия будущего предприятия на окружающую среду после длительного периода эксплуатации.

На основании проведенного анализа выработаны рекомендации по совершенствованию существующей системы очистки навозосодержащих стоков и предложены мероприятия по оптимизации функционирования рассматриваемой экосистемы.

Проведена экономическая оценка одного из предлагаемых к внедрению этапов модернизации очистных сооружений хозяйства.

Основные положения работы используются в учебных курсах Нижегородской ГСХА в процессе преподавания дисциплин: агрохимия, методы экологических исследований, охрана окружающей среды, экологическая экспертиза и экономика природопользования.

### ***Защищаемые положения***

- эксплуатируемые очистные сооружения не обеспечивают эффективной очистки стоков и нуждаются в модернизации;
- негативные изменения химического состава подземных и поверхностных вод в зоне влияния предприятия промышленного свиноводства являются следствием его производственной деятельности;



- состояние воздушного бассейна региональной экосистемы не нарушается в результате деятельности крупного свиноводческого комплекса;
- агроэкологическое состояние дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава при длительном применении свиного навоза со средней насыщенностью 200 м<sup>3</sup>/га изменяется в сторону увеличения содержания подвижных форм фосфора и тяжелых металлов;
- состояние агробиогеоценоза может быть стабилизировано за счет перехода на минеральную систему при ежегодном внесении азотно-калийных удобрений;
- основную часть экологических издержек предприятия составляют затраты на эксплуатацию системы водопользования.

### *Апробация работы*

Результаты исследований докладывались на XI Международном симпозиуме по промышленной кристаллизации (ФРГ, 1990), на IV Всесоюзной конференции по массовой кристаллизации и кристаллизационным методам разделения смесей (Иваново, 1990), на IV Международной научно-практической конференции «Проблемы использования водных ресурсов и экологии гидросферы» (Пенза, 2001), II Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности» (Пенза, 2002). Материалы исследований включены в сборник трудов Нижегородской ГСХА «Адаптивный потенциал сельскохозяйственных растений и пути его реализации в современных условиях».

Общее количество опубликованных работ – 24, в том числе по теме диссертации – 13. Автором подготовлено учебное пособие «Экологическое право» с грифом учебно-методического объединения вузов РФ по агрономическому образованию «Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности «Агроэкология».

Основные результаты диссертационной работы изложены в монографии «Промышленное свиноводство и экология: проблемы сосуществования» (в соавторстве).

## **Глава 1. Основные экологические проблемы промышленного свиноводства**

### **1.1. Воздействие промышленного свиноводства на состояние воздушного и водного бассейна**

За последние десятилетия в окружающей природной среде произошло много изменений, в том числе негативных. Главными причинами деградации природных экосистем явились развитие промышленности и перенаселение. Однако, наряду с нарастающими негативными переменами в окружающей среде, трансформировался и подход к ее охране. Устранение загрязнения окружающей среды с помощью решений на «конце трубы» и системы запретов уступило место предупреждению загрязнения у «источника» и возложению ответственности за загрязнение на пользователей. В этом плане важное значение отводится международному стандарту ISO 14001, разработанному в 1996 году Международной организацией по стандартизации: он представляет собой наиболее популярный и оптимальный инструмент осуществления и контроля в отношении природоохранной деятельности предприятий (Lopata Agmeszka, 2000).

Антропогенное воздействие на окружающую природную среду в настоящее время сопряжено с большими нагрузками, возникающими, с одной стороны, вследствие загрязнения биосферы токсичными веществами, с другой – вследствие переэксплуатации природных ресурсов. В некоторых регионах возникли серьезные экологические проблемы, связанные с отрицательными результатами человеческой деятельности, влияющими на циклы природных процессов и окружающую среду. Естественно, что индустриализация будет развиваться и в будущем, поэтому очень важно не допустить возможности возникновения таких ситуаций, которые привели бы к нарушению экологической устойчивости. Решение этой задачи связано с минимизацией ан-

тропогенной нагрузки до пределов, безопасных для природной среды, с учетом оптимальных темпов социально-экономического развития конкретного региона (Марчук Г.И., Кондратьев К.Я., 1992; Chem. And Eng. News, 2000).

Основное негативное влияние на природную среду принято связывать с промышленностью, однако современное сельскохозяйственное производство с его массовым содержанием скота, интенсивным внесением удобрений в почву и использованием средств защиты растений может являться не менее мощным источником воздействия. Так, воздействие на окружающую среду крупных животноводческих комплексов и птицефабрик вполне соизмеримо с промышленными объектами (Гольденберг В.М. и др, 1994; Феленберг Г., 1997) .

Перевод свиноводства на промышленную основу позволил создать мощные предприятия со стабильно высоким производством продукции. Однако находящиеся в зоне влияния таких предприятий экосистемы подвергаются интенсивному воздействию, связанному с загрязнением природных сред. Негативное воздействие крупных животноводческих комплексов на окружающую среду, как и любого промышленного предприятия, обусловлено выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, сбросом их в водные источники и образованием большого количества отходов, прямо или косвенно воздействующих на все природные среды.

Прежде всего, следует остановиться на проблеме загрязнения воздушного бассейна в зоне функционирования крупных свинокомплексов и других предприятий промышленного животноводства и птицеводства. Подобные предприятия выделяют в окружающую среду пыль, вредные газы и специфические запахи. При этом вещества, загрязняющие атмосферный воздух, многочисленны, разнообразны и неодинаковы в отношении вредности (Лысенко В.П., 1998).

Крупные свиноводческие комплексы – это источники сильного загрязнения окружающей среды. Так, по данным белорусских ученых, свиноводче-

ский комплекс “Сож” Гомельской области на 108 тыс. свиней в год, выбрасывает за один час 56 кг аммиака и более 1120 млрд. микроорганизмов, 15-20 кг пыли, является источником неприятных запахов, распространяемых на расстояние до 5 км. По данным ученых ВНИИВС со свиногомплекса на 54 тыс. свиней в сутки удаляется в атмосферу 578,4 кг аммиака, 3,14 кг сероводорода, 7,99 кг меркаптанов, 95,8 т углекислого газа, 167,24 кг пыли и 4548, 09 млрд. микробных тел микроорганизмов.

Кроме того, с ростом числа крупных комплексов усложнилась эпизоотическая ситуация, расширился аэрогенный путь распространения инфекций, увеличилось загрязнение почвы, водисточников. Общеизвестно, что увеличение поголовья свиней на небольшой территории часто приводит к массовым заболеваниям животных. Так, на комплексах мощностью 108-216 тыс. голов, заболеваемость составляет 53-86 %, а падеж достигает 15-35%, в то время как на комплексах мощностью до 20 тыс. голов сохранность молодняка достигает 93-97%. Загрязненный воздух, содержащий в себе массу условно-патогенной микрофлоры, не только рециркулирует из помещения в помещение, но распространяется за территорию комплекса в пределах 500-1500 м (Таварткиладзе И., Тарасюк Г., 1998).

Таким образом, в зоне функционирования крупных животноводческих комплексов и птицефабрик возможно загрязнение атмосферного воздуха микроорганизмами, пылью, дурнопахнущими органическими соединениями, являющимися продуктами разложения органических отходов, а также окислами азота, серы, углерода, выделяющимися при сжигании природного энергоносителя (Паникар И.И. и др., 1988). В связи с существующей проблемой необходима разработка мероприятий, позволяющих снизить уровень загрязнения воздуха в зоне влияния свиногомплексов.

В целом мероприятия по охране воздушного бассейна хозяйства можно подразделить на общие и частные.

К общим мероприятиям борьбы с загрязнением воздуха относятся высокая санитарная культура ведения отрасли, бесперебойная работа систем обеспечения микроклимата (в первую очередь вентиляции), удаление навоза, тщательная очистка и дезинфекция помещений, организация санитарно-защитной зоны и др. (Крупные животноводческие..., 1980). При этом выделение санитарно-защитных зон имеет особое значение при охране окружающей среды и здоровья человека от неблагоприятного воздействия со стороны комплексов. Согласно нормам СН 245-72 санитарно-защитные зоны отделяют от жилой застройки объекты, являющиеся источником вредных и неприятно пахнущих веществ. Санитарно-защитной зоной служит территория между местами выделения в окружающую среду вредных веществ и жилыми, общественными зданиями (Крупные животноводческие..., 1980; Вашкулат Н.П. и др., 1985).

Наряду с этим необходимы технологические, санитарно-технические мероприятия, способствующие уменьшению поступления загрязнителей в окружающую среду, то есть частные мероприятия, направленные на очистку, обеззараживание и дезодорацию воздуха. К мероприятиям, позволяющим снизить загрязненность воздуха дурнопахнущими веществами на крупных комплексах, также можно отнести строительство сооружений для утилизации и термической обработки отходов животноводства (Гриднев П.И., 1994).

Следует подчеркнуть, что очистка и обеззараживание воздуха экономически дороги и использовать их надо там, где это целесообразно и вызвано необходимостью. Часто для охраны воздушного бассейна свинокомплексов и окружающей территории бывает достаточно общих средств борьбы с загрязнением воздуха. В связи с этим планирование системы мероприятий по охране атмосферного воздуха должно проводиться на основе прогноза (для проектируемых предприятий) или оценки (для функционирующих объектов) уровня загрязнения атмосферы, вызванного антропогенной деятельностью. Однако в настоящее время в литературе практически отсутствуют разрабо-

танные методические подходы к такого рода оценке для животноводческих хозяйств. Кроме этого, воздух редко рассматривается в качестве полноценного компонента экосистемы, на который, также как и на другие составляющие, оказывается интенсивное антропогенное воздействие.

Природные воды, находящиеся в зоне влияния крупных свиноводческих хозяйств, также представляют собой объект, постоянно испытывающий стрессовые нагрузки вследствие антропогенной деятельности. Отходы животноводства являются источниками сильного химического и бактериологического загрязнения гидросферы. Спектр загрязнителей включает в себя органические вещества (мочевина, органические кислоты, фенолы, медицинские препараты, добавляемые в корм, СПАВы и т.д.), неорганические вещества (соединения азота, фосфора, калия), а также патогенные микроорганизмы и бактерии фекального загрязнения (Гольдберг В.М. и др., 1994, Методические рекомендации...., 1990).

Стоки свиноводческих комплексов также характеризуются большой загрязненностью. По оценкам отечественных исследователей, выход навозных стоков на животноводческих фермах и комплексах страны составляет более 1 млрд. т в год и продолжает расти. Только с одного свиноводческого комплекса мощностью 216 тыс. голов за сутки удаляется 5200 м<sup>3</sup> стоков, а за год – 1898 тыс. м<sup>3</sup>. По концентрации органических и минеральных веществ стоки животноводческих предприятий во много раз превосходят как хозяйственно-бытовые, так и промышленные, поэтому являются гораздо более серьезными загрязнителями внешней среды.

Так, в стоках, поступающих со свиноводческих комплексов, содержится от 4,0 до 10 тыс. мг/л сухого вещества, в то время как стоки предприятий пищевой промышленности содержат до 1500 мг/л сухого вещества, а хозяйственно-бытовые – всего 550 мг/л (Таварткиладзе И., Тарасюк Г., 1998). Стоки с подобными характеристиками, попадая в природные водные объекты,

вызывают негативные изменения в режиме функционирования водоемов и нарушают в них санитарно-гигиеническую обстановку.

Так, вследствие организованного сброса сточных вод с территории, прилегающей к свинокомплексу, с дождевыми и талыми водами в природные водоемы поступает повышенное количество биогенных элементов, что приводит к их эвтрофикации. При этом отмечается, что признаки эвтрофикации водоемов наблюдаются, если концентрация фосфора в воде превышает 15 частей на миллион, а азота – 0,3 части/млн. Биологически чистые воды содержат лишь сотые и тысячные доли фосфора на миллион (сотые и тысячные доли мг/л) (UNESCO, 1974). В процессе эвтрофирования вод происходит снижение видового разнообразия сообщества водных организмов. Чрезмерное развитие получают водоросли, особенно синезеленые. Исследования показали, что наибольший вклад в процесс эвтрофирования вносят фосфор и азот. Среди других факторов следует отметить органический углерод, ростовые гормоны, микроэлементы, а также витамины (Экологические проблемы ..., 1984; Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., 2000; Ревель П., Ревель Ч., 1995, Schindler, 1974).

Г.В. Добровольский и Е.Д. Никитин (2000) отмечают, что перестройка водных фитоценозов от преобладания диатомовых водорослей к преобладанию синезеленых связана, прежде всего, с изменением соотношения в воде фосфора и азота. При изменении этого соотношения от 1:30, 1:40, реже 1:10000 до 1:8 (иногда 1:5) имеет место быстрая деградация видового состава фитопланктона: начинают доминировать синезеленые водоросли, доля которых в сообществе по биомассе может достигать 90 % и более (Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., 2000).

Насколько существенно антропогенные стоки могут влиять на изменение природного соотношения фосфора и азота в водах, свидетельствуют следующие обобщенные данные. В поверхностном и подземном стоке с естест-

венных лесных водосборов отношение общего фосфора к общему азоту имеет порядок 1:100 (от 1:15 до 1:2000), а в поверхностном стоке с сельскохозяйственных угодий 1:10, в сточных водах городов и крупных животноводческих хозяйств – от 1:3 до 1:5 (Коплан-Дикс И.С. и др., 1985).

В процессе эвтрофирования наблюдаются острый дефицит растворенного кислорода вследствие его расхода на окисление органических веществ и избыточное минеральное питание водорослей и микроорганизмов; денитрификация и десульфирование с образованием сероводорода, метана, этилена, что приводит к гибели рыбы и других животных, населяющих водоемы, заболеванию людей и животных в случае потребления загрязненной воды (Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., 2000).

Общеизвестно, что поверхностные и подземные воды взаимосвязаны. Крупные и средние реки дренируют грунтовые (первый от поверхности земли водоносный горизонт) и артезианские воды. В свою очередь, линейная фильтрация воды через русла поверхностных водотоков создает взаимосвязь поверхностных вод с потоком подземных вод.

Грунтовые воды в естественных условиях пополняются атмосферными осадками, поливными водами и другими водными растворами, фильтрующимися с поверхности земли через зону аэрации. В процессе такого водообмена подземные воды на сельхозугодьях (прежде всего первый от поверхности земли водоносный горизонт) могут загрязняться вследствие загрязнения почвы и поверхностных водотоков агрохимикатами, органическими удобрениями и сточными водами разных категорий (Баранников В.Д., 1985, Гольдберг В.М., 1987; Протасов В.Ф., Молчанов А.В., 1995).

Опасность загрязнения грунтовых вод животноводческими отходами возникает также при несоблюдении правил и сроков внесения навоза на поля. Загрязнение воды колодцев и скважин, расположенных вблизи ферм и комплексов, азотистыми веществами может происходить также из-за нарушения герметичности каналов самосплавной системы навозоудаления, емкостей для



хранения жидкого навоза и так далее. Поение животных и птицы такой водой может привести к их отравлению. Загрязнению грунтовых и поверхностных вод может способствовать силосный сок при попадании в воду в больших объемах. Одной из причин загрязнения воды нитратами является также и усиленное поглощение поверхностями водоемов аммиака, большое количество которого содержится в воздухе в районах расположения животноводческих ферм (Chessin L., 1982).

В ряде случаев техногенные компоненты обнаруживаются уже не только в верхних, слабо защищенных водоносных горизонтах, но и в более глубоких артезианских резервуарах. В этой связи своевременный, оперативный и качественный контроль за химическим составом воды, используемой для хозяйственно-бытовых целей, является одним из условий улучшения состояния здоровья населения (Крайнов С.Р., Швец В.М., 1987; Шварц А.А., 1996). В то же время, поскольку качественный состав подземных вод зависит от состояния других природных сред (атмосферный воздух, поверхностные воды, почвы), мониторинг подземных вод должен быть тесно увязан с метеорологическими наблюдениями, мониторингом состояния поверхностных вод и почв (Гольдберг В.М., Газда С., 1984).

Обобщенным показателем состояния качества подземных вод может служить их жесткость. Кроме этого, одним из показателей значительного загрязнения подземных вод является присутствие повышенных количеств солевого аммония (Bi Erping и др., 2001). Загрязнение подземных вод может выразиться в повышении содержания природных компонентов, а также в появлении специфических веществ искусственного происхождения, как органических (нефтепродукты, пестициды, фенолы, СПАВ), так и неорганических (цианиды) (Крайнов С.Р., Швец В.М., 1987).

Сельскохозяйственное загрязнение подземных вод связано в том числе и с выносом из почвы удобрений. В районах с интенсивным свиноводством загрязнение подземных вод происходит как в результате фильтрации из наво-

сохранилищ, так и в случае внесения очень высоких доз навоза в почву. В таких условиях нитраты, как правило, являются самым масштабным загрязнителем подземных вод. Максимальные концентрации могут превышать 1000 мг/л (Гольдберг В.М. и др., 1994; Ковалевский В.С., 1994).

Следует отметить, что загрязнение подземных вод не является локальным процессом, оно тесно связано с загрязнением окружающей природной среды в целом. Содержащиеся в подземных водах зоны активного водообмена загрязнения в конечном итоге попадают в реки и озера (области разгрузки). В целом загрязнение подземных вод приводит к необходимости колоссальных затрат на очистку воды, ремонт и реконструкцию очистных сооружений (Зальцберг Э., 1992).

Одним из наиболее эффективных инструментов регулирования интенсивности антропогенного воздействия на подземные воды является экономическое стимулирование рационального водоотбора и экологически безопасного размещения производства. Отдельной, и весьма актуальной, задачей является установление оптимальных размеров водопользовательских платежей. При этом стоимость природных вод должна способствовать внедрению оптимальной схемы водопользования в регионе, а рациональное использование подземных вод позволит уменьшить отрицательное воздействие на подземную гидросферу и даст необходимые средства для проведения различных природоохранных мероприятий (Плотников Н.И., 1990, Методы охраны ..., 1985).

Однако в настоящее время доля капитальных вложений, направляемых на охрану всех природных ресурсов, в общем объеме народнохозяйственных капитальных вложений составляет 1,2 % в год (в развитых странах этот показатель колеблется от 6 до 25 %), в связи с чем на предприятиях складывается ситуация, при которой хозяйству выгоднее платить экологические платежи и штрафы, чем проводить природоохранные мероприятия (Тагаева Т.В., 1998).

В целом экологический эффект от применения механизма платности природопользования может быть достигнут при условии постоянного совершенствования, основными направлениями которого, по мнению А.В. Гатиловой и Ю.В. Кровец (2000), являются совершенствование системы экономического стимулирования ресурсосбережения и средозащитной деятельности и модернизация системы административного регулирования природоохранной деятельности.

Совершенствование системы платежей за загрязнения и другие виды вредного воздействия на окружающую природную среду должно осуществляться по следующим основным направлениям: расширение состава видов вредного воздействия на окружающую среду, подлежащих оплате; более полный учет отраслевых особенностей загрязнения окружающей среды при расчетах и взимании платы; учет инфляции при определении ставок платы и ее размеров (Шевчук А.В., 2000).

Динамичное развитие промышленности заставило обратить внимание предприятий на мероприятия, направленные на оптимизацию состояния окружающей среды. Отношение предприятий к окружающей среде определяет теперь его имидж и формирует авторитет. В связи с высказанным выше, совершенствование системы управления предприятием включает такие аспекты, как определение влияния деятельности предприятия на природную среду, осуществление дефиниций и процесса классификации затрат на охрану окружающей среды, а также взаимосвязь затрат и выгод, связанных с внедрением проэкологического решения на предприятии.

Главным же критерием того, что экономический механизм охраны окружающей среды существует и действует, могут служить только факты самостоятельного принятия решений руководителями (хотя бы части предприятий-загрязнителей) об инвестициях в природоохранные технологии (Тугуз Р.Х. и др., 2000).

## 1.2. Экологические проблемы, сопровожающие утилизацию свиного навоза

### 1.2.1. Возможности использования отходов свиноводства в сельском хозяйстве

К числу наиболее сложных эколого-земледельческих проблем промышленного животноводства следует отнести проблему утилизации органических отходов, в данном случае – свиного навоза. Казалось бы, этой проблемы вообще не должно существовать, так как истари навоз использовался как идеальное органическое удобрение для сельскохозяйственных угодий. Однако до сих пор мы привыкли иметь дело с навозом, смешанным с подстилкой, имеющим плотную консистенцию и хорошо обеззараживающимся путем самонагревания при буртовании. При новых же формах содержания животных (внедрение на крупных животноводческих комплексах технологии бесподстилочного содержания животных, наряду с обычно применяемой в России технологией гидросмыва навоза) образуется более 30 млн. т в год жидких навозных стоков, содержащих только 2-4 % твердых веществ (Гриднев П.И., Мишуров Н.П., 1996; Скляр В.И., Эпов А.Н., Калюжный С.В., 2002). Тем более, что в настоящее время доля бесподстилочного навоза неуклонно растет и ныне достигает 65 % от выхода всех органических удобрений (Белоус Н.М., 1996).

Главным способом утилизации бесподстилочного навоза остается его использование в качестве удобрения, причем преимущественно на территории, чаще всего находящейся в непосредственной близости от места расположения свинокомплекса (Ковалев Н.Г., Глазков И.К., 1989; Гриднев П.И., 1994). Это тем более важно, что транспортировка жидкого свиного навоза на дальние расстояния, как правило, экономически не оправдана, требует значительного количества техники, затрат труда и денежных средств (Шкель М.П.

и др., 1984; Ворошилов Ю.И., Дурдыбаев С.Д., Ербанова Л.Н. и др., 1991; Руденко П.Ф., Ридный В.Ф., Присяжная Л.П., 1992; Скрыльник Е.В. и др., 2002). С другой стороны, использование местных органических отходов в качестве удобрения позволяет хозяйству существенно сократить затраты на покупку и внесение минеральных удобрений (Ковалев Н.Г., Глазков И.К., Еселевич М.М., 1977).

Неоднократно выявлено, что во многих почвенно-климатических зонах страны систематическое применение твердых фракций органических удобрений, в том числе и свиного навоза, увеличивает емкость поглощения почв, способствует стабилизации реакции почвенного раствора и позитивно влияет на другие агрохимические показатели почв (Гамалей В.И., Кулинченко Ю.А., Сыроватко О.С., 1988; Андреев В.А., Новиков М.Н., 1990). Под влиянием бесподстильного навоза понижается гидролитическая кислотность, оптимизируется водно-воздушный режим, процессы нитрификации, и, в конечном счете, повышается реальное и потенциальное плодородие почвы. Так, в длительном опыте, заложенном на Судогодской опытной станции на дерново-подзолистой почве с насыщенностью навозом из расчета 10 т/га, в метровом слое почвы обнаружено увеличение суммы поглощенных оснований на 1,5 мг.экв/100 г почвы в сравнении с эквивалентной дозой минеральных удобрений (Андреев В.А., Новиков М.Н., 1990).

Также отмечено, что свиной бесподстильный навоз и компосты на его основе способствуют повышению количества водопрочных агрегатов, скорости впитывания и инфильтрации воды, снижению твердости и объемной массы почвы (Цуркан М.А. и др., 1988; Коркач Н.А., Коваленко А.И., Купчик В.И., 1986; Изменение свойств..., 1988; Андреев В.А., Новиков М.Н., 1990). По данным А.М. Лыкова и А.А. Осина (1981), при внесении свиного навоза повышается буферность почв, водопроницаемость и водоудерживающая способность. Однако исследованиями М.А. Цуркан (1985) выявлено, что бесподстильный навоз и животноводческие стоки при длительном приме-

нении на тяжелых почвах уменьшают объем пор, что в конечном итоге ведет к ухудшению ее водно-физических свойств. Вместе с тем, практически все проведенные исследования показывают, что внесение этих удобрений стабилизирует температуру почвы.

Многочисленными исследованиями установлено, что навозные стоки свиноводческих комплексов оказывают положительное влияние на пищевой режим дерново-подзолистых почв. Этот факт подтверждают исследования В.А. Аргуновой (1974), С.И. Тарасова и Н.А. Кумеркиной (1996), а также В.И. Титовой и др. (1997, 1998): использование навозных стоков в качестве удобрений способствовало резкому увеличению содержания в почве азота и фосфора. При этом отмечается, что основная часть фосфора бесподстилочного навоза представлена органическими соединениями в виде фосфатидов и нуклеопротеидов, в результате чего он закрепляется в почве в виде фосфатов железа, алюминия, кальция значительно слабее, чем фосфор минеральных удобрений (Антипина П.А., 1978; Береснев Б.Г., 1995). Однако работами А.А. Христенко (2000) выявлено, что в тех почвах, где содержание железа велико, относительная доступность подвижных соединений фосфора понижена. При этом освобождающийся во время вегетации, но не усваиваемый растениями, фосфор переходит в менее усвояемую форму и накапливается в основном в слое 0-40 см (Бабарина Э.А., 1974; Янишевский П.Ф., 1996).

В свою очередь калий в навозных стоках находится в растворимой форме и поэтому его использование, как и использование азота, сильно зависит от свойств почвы и срока внесения данных удобрений. Так, например, на почвах с невысокой емкостью катионного поглощения (песчаных и супесчаных) потери калия могут быть особенно существенны (Бесподстилочный навоз..., 1978), т.к. не адсорбированные почвенно-поглощающим комплексом ионы калия остаются в почвенном растворе и, в связи с этим, могут вымываться. Это способствует тому, что при внесении бесподстилочного навоза содержание обменного калия во всех почвенных горизонтах увеличивается

одинаково. Повышение содержания подвижных форм калия в почве относят за счет мобилизации его необменных форм. Однако исследованиями Ю.И. Ворошилова (1986) установлено, что систематическое внесение бесподстилочного навоза несколько снижает подвижность калия. Количество же необменного калия интенсивно изменяется в связи с получением более высоких урожаев. Необходимо отметить и тот факт, что для создания положительного баланса калия в почве стоки необходимо дополнять калийными удобрениями в нормах, превышающих вынос калия с урожаем (Гамалей В.И., Кулинченко Ю.А., Сыроватко О.С., 1988; Bhat K.K., Callghan J.R., 1980).

Следует подчеркнуть, что наряду с макроэлементами свиной навоз является и важным источником широкого спектра микроэлементов. Установлено, что при внесении навоза и получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур почва слабее обедняется микроэлементами, чем при использовании минеральных удобрений. На фоне свиного навоза особенно улучшается обеспеченность растений молибденом (Минеев В.Г., 1990). Что касается накопления гумуса почвой при использовании бесподстилочного навоза, то здесь следует подчеркнуть, что данный факт напрямую зависит как от объемов внесения удобрения, так и от типа почв. Исследованиями Ф. Асмуса и Ф. Хермана (1976) выявлено, что на дерново-подзолистой почве при длительном применении жидкого свиного навоза содержание водорастворимого гумуса увеличилось на 34 относительных процента. При этом коэффициент воспроизводства гумуса из органического вещества бесподстилочного навоза по отношению к подстилочному составил 0,6-0,8, а коэффициент гумификации в среднем был равен 25-27 % (Белоус Н.М., 1996; Тарасов С.И., Кумеркина Н.А., 1996). Однако внесение высоких доз данного органического удобрения может привести и к разрушению почвенного гумуса (Ефимов В.Н., Иванов А.И., 2001), а также к затуханию биохимических и микробиологических процессов в почве (Андреев В.А., Новиков Н.М., 1990).

Основой эффективного использования органических удобрений свиноводческих комплексов должно явиться внедрение севооборотов. Наличие в хозяйстве освоенных севооборотов позволит своевременно спланировать работу по применению жидкого навоза свиней и систематически наращивать плодородие земли. При подборе сельскохозяйственных культур и составлении севооборотов должны учитываться потребности хозяйства в растениеводческой продукции и возможность возделывания высокоурожайных сортов, характеризующихся высоким выносом элементов питания с урожаем (Крупкин П.И., 1998). С этой целью рекомендуют вводить следующие кормовые культуры: кукурузу на силос, картофель на фураж, кормовые корнеплоды, силосные, однолетние и многолетние злаки и бобовые травы, в южных районах - люцерну и люцерно-кострецовые травосмеси (Андреев Н.Г., Мерзлая Г.Е., 1983; Иванов А.Ф., Чурзин В.Н., Филин В.И., 1996). При правильном подборе доз и сроков внесения жидкого бесподстилочного навоза, помимо увеличения урожайности, может также происходить изменение качественного состава хозяйственных растений: в растениях снижается содержание сухого вещества и сырой клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ, а также сахаро-протеиновое отношение (Титова В.И. и др., 1997). При этом установлено увеличение содержания в растительной продукции сырого протеина, водорастворимых углеводов, каротина, сырой золы. В получаемых с удобряемых угодий кормах содержится достаточное количество жира, фосфора, калия, кальция, магния. В их составе наблюдается благоприятное соотношение кальция к фосфору и калия к кальцию и магнию (кальций/фосфор и калий/кальций + магний), а также допустимая концентрация нитратов (0,3%). Выявлено также, что под действием жидкого навоза в растениях увеличивается содержание аминокислот, в том числе незаменимых (Андреев Н.Г., Мерзлая Г.Е., Савенюк Л.М., 1985; Сагандыков Н.М., 1987; 1990).



Таким образом, жидкий свиной навоз при правильном его использовании может оказать значительное положительное влияние на продуктивность агробиогеоценоза, сохраняя высокую питательную ценность фитомассы выращиваемых растений (Савенюк Л.М., 1985). Но при этом нельзя забывать и тот факт, что на полях, удобряемых бесподстилочным навозом, не допускается выращивание культур, употребляемых человеком в сыром виде вследствие вероятности их загрязнения болезнетворными патогенными микроорганизмами. Дозы органического удобрения для внесения под сельскохозяйственные культуры должны устанавливаться в зависимости от вида культур, потребности их в элементах питания, планируемого урожая, качества удобрения, уровня плодородия почвы, ее гранулометрического состава и предшествующей культуры и строго контролироваться (Ворошилов Ю.И., Мальцман Т.С., 1981; Титова В.И., Варламова Л.Д., 1997; Кутепов А.Е., 1995).

Также одним из важных вопросов утилизации свиного навоза является правильное его внесение в почву. Земельная площадь, необходимая для применения бесподстилочного навоза, определяется на основании рекомендуемых доз, которые выражают в килограммах на гектар вносимого в его составе общего азота (Шайдак Л. и др., 1998). Наилучшим способом внесения данного удобрения является его заделка в почву осенью или весной под плуг, дисковую борону или культиватор. При этом потери азота за счет внесения навоза на вспаханную почву будут ниже на 10-30%, чем при внесении его на не вспаханную почву. В целом же потери аммиачного азота (в % от внесенного) из жидкого свиного навоза через 6 часов после его внесения без заделки составляют 50-65 %, а спустя двое суток достигают 75-80 % (Методические указания по применению..., 1982).

Сроки и дозы внесения удобрения также немаловажны: внесение бесподстилочного навоза желательно не проводить в осенне-зимний период, чтобы не допустить вымывания части азота. Опытным доказано, что при внесении под зябь эффективность навоза составила 74 %, по замерзшей зяби –

88 %, по снегу – 64 %, а при внесении весной – 100 % (Андреев В.А., Новиков Н.М., 1990). Под сельскохозяйственные культуры рекомендуют вносить следующие годовые нормы азота навоза: под зерновые - 100-140 кг/га, кормовую и сахарную свеклу - 320-360 кг/га, кукурузу - 240-320 кг/га, однолетние травы - 120-160 кг/га, многолетние травы - 240-320 кг/га, на луга и пастбища - 200-240 кг/га (Авдонин Н.С., Аренс И.П., Степанова А.Н., 1960; Бесподстилочный навоз..., 1978; Андреев В.А., Новиков Н.М., 1990). Разовые дозы внесения жидкого свиного навоза под сельскохозяйственные культуры колеблются от 200 до 800 м<sup>3</sup>/га. Оптимальная доза внесения под многолетние травы составляет 300 м<sup>3</sup>/га, что дает максимальную прибавку урожая (Демин В.А., Иванов В.А., 1982; Ионас В.А., Мажугин А.В., Соловьева Т.А., 1993).

Однако характерное для всех крупных животноводческих комплексов накопление огромных количеств жидкого навоза и навозных стоков неизбежно ведет к загрязнению окружающей среды: высокому насыщению почвы, поверхностных и грунтовых вод различными веществами, ухудшению санитарного состояния территории ферм и населенных пунктов, загазованности воздуха. Жидкий навоз из-за текучести, неспособности задерживаться на поверхности почвы при уклоне местности загрязняет окружающую среду значительно больше, чем подстилочный (Крупные животноводческие..., 1980; Морозов Н.В., Тепитченко М.М., 1984; Вашкулат Н.П., Гончарук Е.И., Костовецкий Я.И., 1985; Гудилин И.И., Баяндина Г.В., 1985).

При этом ограниченная земельная площадь животноводческих комплексов и невыгодность перевозок навоза на дальние расстояния часто вызывают необходимость применения на прилегающих к хозяйству сельхозугодиях сверхвысоких доз бесподстилочного навоза. Длительное внесение последних ведет к загрязнению почвенного профиля и подземных вод нитратами, соединениями фосфора и другими веществами в опасных концентрациях. Попадающие в природные воды азот и фосфор способствуют развитию водорослей и планктона (Еськов А.И., Новиков М.Н., 1998). В целом установлено,

что бесподстилочный навоз отрицательно влияет на окружающую среду следующими путями: через миграцию веществ по почвенному профилю до грунтовых вод; выделением азота и других веществ в газообразной форме в атмосферу; через ухудшение агрохимических свойств и баланса питательных веществ почвы вследствие длительного применения высоких доз на постоянных участках; накоплением в растительной продукции нитратов и других элементов, негативно влияющих на здоровье человека и животных (Бреус И.П., Садриева Г.Р., 1997).

Рассмотрим некоторые из вышеозначенных проблем более детально. Прежде всего, необходимо отметить, что вследствие внесения высоких доз органических отходов под сельскохозяйственные культуры происходит изменение содержания элементов питания в почве. Так, при утилизации высоких доз свиного навоза в почву поступает большое количество азота, что может, в свою очередь, привести к повышению экологической нагрузки на экосистемы за счет накопления в почве нитратных форм азота и проникновения их в грунтовые воды (Муравин Э.А. и др., 2002).

Однако введение большого количества биогенных веществ в естественный биоценоз окружающей среды не может не нарушать его. Видовой состав микробов в ненарушенных биоценозах еще недостаточно хорошо изучен для того, чтобы четко отличать нормальный спектр микрофлоры от нарушенного. Тем не менее, известно, что повышение антропогенного давления на окружающую среду вызывает быстрое и существенное изменение микрофлоры биоценозов. Так, на первых этапах воздействия отходов животноводства на биоценоз он восстанавливает свое биологическое равновесие. Однако это возможно лишь в тех случаях, когда в биоценоз попадает небольшое количество отходов животноводства. В случае же введения в биоценоз большого количества отходов может произойти нарушение его способности к саморегулированию, и биологическое равновесие уже не восстановится.

Так, поступление в почву слишком большого количества навоза вызывает, помимо снижения урожая сельскохозяйственных культур, и ряд других отрицательных явлений, например, повышенное содержание в растениях соединений азота и калия. Избыток калия блокирует усвоение растениями магния, что приводит к заболеваниям сельскохозяйственных животных, потребляющих эти корма (Колтыпин Ю.А., Елин Е.Н., 1983; Chessin L., 1982).

Применение навоза в дозах, превышающих потребность сельскохозяйственных культур в азоте, может также привести к ухудшению качества растениеводческой продукции (Андреев В.А., Новиков Н.М., 1990). Так, в результате внесения высоких доз бесподстилочного навоза увеличивается содержание нитратов выше допустимых норм в картофеле, кормовых, овощных и других культурах. Отмечено повышенное накопление калия в кормовых растениях, снижение содержания крахмала в клубнях картофеля и сахара в сахарной свекле (Белоус Н.М., 1996).

Имеет важное значение и то, что повышенное содержание нитратов в растениях и питьевой воде потенциально опасно для здоровья человека и животных. Особенно опасны нитриты, вступающие во взаимодействие с аминами и образующие нитрозамины, которые обладают высокой канцерогенностью (Кузина К.И., Мочалова А.Д., Покровская С.Ф. 1985; Kathan J.G., 1983). Вследствие этого корма, содержащие более 1,5 % нитратов, к скармливанию в натуральном виде не допускаются. Их можно засилосовать, оставить на зерно или переработать в сенную муку (Методические рекомендации..., 1984). В то же время необходимо отметить, что устойчивость растений к действию высоких концентраций азота различна и зависит от вида, фазы роста и развития культуры, а также и от агрохимических условий пахотных угодий хозяйства (Михеев В.А. и др., 1986). Так, в период вегетации зерновые, зернофуражные культуры и однолетние травы рекомендуют поливать стоками в фазу "полные всходы" - "кущение", а многолетние травы – с 5 по 20 мая под первый укос и с 25 июня по 10 июля - под второй укос. Кукурузу можно поли-

вать в фазе 7-8 листьев (Горшков А.В., 1982; Методические указания..., 1982). Следует обратить внимание и на то, что повышенное количество нитратов может накапливаться также при ухудшении условий роста: во время летних засух, при сплошной облачности и при понижении температур (Андреев Н.Г., Мерзлая Г.Е., Савенюк Л.М., 1985).

Второй, не менее важной проблемой, возникающей вследствие применения высоких и очень высоких доз жидкого свиного навоза (и органических отходов промышленного животноводства в целом) является интенсивная аккумуляция в пахотных почвах подвижных форм фосфатов, в результате чего концентрация последних достигает аномально высоких значений (Бабарина Э.А., Мельникова Н.М., 1987; Balland P., 1999). Так, по данным ряда специалистов, содержание подвижных фосфатов в почвах, прилегающих к крупным свинокомплексам, фермам и птицефабрикам, на порядок и более выше, чем в аналогичных почвах, находящихся под влиянием традиционной системы земледелия (Изерская Л.А., Цыцарева Л.К., 1996; Титова В.И., Шафронов О.Д., 1996; Титова В.И., Варламова Л.Д., 2002). Исследованиями V.D.Nair, D.A. Graetz и K.R. Reddy (1998), а также A. Finck (1982) выявлено, что многолетнее использование навоза молочных ферм влияет на способность подзолов удерживать фосфор: в обогащенных навозом почвах концентрация общего фосфора составила более 2300 мг/кг по сравнению с 18 мг/кг в исходных почвах (при этом его содержание в поверхностном горизонте превышало сорбционную способность почвы и сопровождалось увеличением концентрации фосфора в почвенном растворе, что свидетельствует о возможности нисходящего транспорта избыточного фосфора в вертикальном почвенном профиле).

Одним из первых оценил многоплановость проблемы фосфора в окружающей среде и акцентировал внимание на ее глобальный масштаб и последствия В.А. Ковда (1985). Он отмечал, что в последние 50-70 лет общая картина распределения и миграции фосфора в биосфере резко нарушена.

Происходит практически необратимая аккумуляция фосфора в зонах плотного населения и промышленного животноводства, например, в зоне влияния крупных свинокомплексов, в то время как на других площадях проблема дефицита данного элемента усугубляется.

Для того, чтобы сделать сельскохозяйственное производство полностью безотходным, экологически чистым и высокорентабельным, разработаны принципиально новые биотехнологии утилизации навоза. Одной из таких является технология, главным элементом которой стал навозный червь, produцирующий в результате переработки органических отходов ценное органическое удобрение – биогумус (вермикомпост), содержащий все необходимые растению элементы питания, а также биологически активные вещества, стимулирующие рост и развитие сельскохозяйственных культур (Колтыпин Ю.А., Елин Е.Н., 1983; Гриднев П.И., 1994).

В работе В.В. Бузмакова (2000) рассмотрен один из эффективных способов переработки и использования навозных стоков – очистка их в рыбо-ловно-биологических прудах. В основу работы этого принципиально нового типа очистных сооружений положен процесс естественного самоочищения, который протекает в каждом водоеме, когда в него попадают органические вещества. Сущность процесса заключается в том, что попадающее в водоем органическое вещество (навоз) является источником питания для многих видов бактерий, водорослей и беспозвоночных животных. Через некоторое время в водной среде вещество и энергия исходной массы навоза переходят в биомассу вещества и энергию микроорганизмов, рачков и животных. Такой процесс положен в основу работы системы рыбоводно-биологических прудов агрофирмы «Дороничи». Технологией предусмотрено, что жидкий навоз из свиноводников поступает в отстойники. В них он разделяется на жидкую и твердую фракции. В холодный период года жидкая фракция накапливается, а в летний – подвергается воздействию микроорганизмов и рыбы в биопрудах до полного осветления воды. Твердую фракцию собирают и осушают в гори-

зонтальных отстойниках, а после созревания в буртах используют в качестве органического удобрения.

Предприятия по производству продукции животноводства являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Из образующихся на животноводческих и птицеводческих предприятиях навозных и пометных стоков в качестве удобрения используется лишь 70%, остальные переполняют пруды-накопители, сбрасываются на прилегающие земли, в водоемы (в том числе в источники питьевого водоснабжения), поступают в подземные воды, загрязняя их соединениями азота в количествах, во много раз превышающих ПДК. На долю сельского хозяйства приходится восьмая часть объема сброса загрязненных сточных вод (3,173 млрд. м<sup>3</sup>) в водоемы России, из которого значительную часть составляют навозные и пометные стоки животноводческих и птицеводческих предприятий (Alviar C.J. et al., 1981).

Однако накопление химических веществ, привнесенных в почву извне, в конечном итоге приведет к изменению ее химического состава и физико-химических свойств. Если количество вредных веществ будет находиться на уровне или выше ПДК, то содержащая их почва может быть отнесена к категории загрязненных. Загрязнение почвы объясняется тем, что, обладая ограниченной емкостью поглощения, в определенный момент она уже не в состоянии поглощать избыточное количество того или иного элемента. Исходя из емкости поглощения почвы и количества поступающих в нее азота, фосфора, калия и других элементов, можно рассчитать, когда почва потеряет способность поглощать их и станет, в свою очередь, источником загрязнения окружающей среды, а именно приземной атмосферы, растительности, поверхностных и грунтовых вод (Фокина В.Д., 1980; Банкина Г.А., Горшков А.В., Колупаев В.А., 1984; Садовникова Л.К., 1997, 1999).

### 1.2.2. Тяжелые металлы как основной загрязнитель в агроэкосистеме

Проблеме загрязнения природных сред тяжелыми металлами (ТМ) внимание начало уделяться сравнительно недавно. Однако за последние 20-30 лет активное вмешательство человека в природные циклы элементов привело к тому, что их поступление на поверхность суши значительно превысило отток в осадочные отложения, что вызвало их циркуляцию в геологических и биологических круговоротах и аккумуляцию в активных звеньях циклов (Ковда В.А., 1985). Агроэкологическое обследование почв России, проведенное агрохимической службой на площади в 25 млн. га, показало, что 1 млн. га обследованных земель содержат повышенные концентрации тяжелых металлов, часто превышающие предельно допустимый уровень (Овчаренко М.М., 1995).

Все это послужило поводом к появлению термина «тяжелые металлы», который охватывает микроэлементы, относящиеся к металлам, находящимся в экзогенных, повышенных концентрациях. К этой же группе относятся элементы, не выполняющие каких-либо биологических функций (или роль которых пока не установлена), но в концентрациях, превышающих фоновые, являющиеся токсичными (Химия тяжелых металлов ..., 1985). Большинство элементов, причисленных к данной группе, принадлежат также к группе микроэлементов, в микроколичествах совершенно необходимых для растительных и животных организмов. В технической литературе к тяжелым металлам относят группу элементов с плотностью  $5 \text{ г/см}^3$ , в биологической - элементы с относительной атомной массой более 40 (Ягодин Б.А. с соавт., 1996).

Существуют разные критерии оценки степени загрязненности агроэкосистемы, а выбор критического звена в системе параметров загрязнения является особенно важным (Израэль Ю.А., 1984). Наибольшее распространение при оценке загрязнения, обусловленного тяжелыми металлами, имеет



сравнение подвижного и валового содержания отдельных элементов с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК), кларками или фоновым содержанием по коэффициенту концентрации  $K_c$ , а также интегральная оценка степени загрязнения по суммарному показателю  $Z_c$  (Геохимия окружающей среды, 1990).

Валовое содержание элемента в почвенном покрове обусловлено, прежде всего, его концентрацией в материнской породе и определяется генезисом, петрографией, процессами почвообразования. На содержание подвижных форм ТМ большое влияние оказывают растительный покров, реакция среды, содержание органического вещества и прочие почвенные характеристики. Фоновое содержание тяжелых металлов определено и регламентируется как для отдельных типов почв (Ориентировочно допустимые ..., 1995; Порядок определения..., 1993), так и для отдельных географических точек местности (Ежегодный доклад ..., 1997). Кларки элементов приведены во многих научных работах (Виноградов А.П., 1957; Добровольский В.В., 1988; Кузнецов Н.П. с соавт., 1995; Ягодин Б.А. с соавт., 1996).

Объемы поступления ТМ в биосферу можно оценить по данным Н.И.М. Bowen (1979), согласно которым каждый год в результате разработки различных месторождений на поверхность извлекается 7,7 тысяч тонн кадмия и 3300 тысяч тонн свинца, в то время как в донные отложения океана поступает лишь 3,2 тысячи тонн и 105 тысяч тонн данных элементов соответственно. С учетом этого нарушается стабильность, естественное равновесие и устойчивость как биосферы в целом, так и отдельных ее частей (ландшафтов, почвы, биогеоценозов и т.д.). Большая часть поступающих в биосферу поллютантов аккумулируется в почвенном покрове, являющимся важнейшей составной частью любых наземных экосистем (Фокин А.Д., 1986), и очень медленно удаляется из нее при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии, дефляции.

Поскольку почва - основное средство сельскохозяйственного производства, накопление в ней избыточных количеств тяжелых металлов нежелательно и требует мер по предотвращению поступления данных элементов в почву и выращиваемые на ней растения. Обладая буферностью, почва способна снижать их токсичность, переводя в труднорастворимые и недоступные растениям соединения. С другой стороны, тяжелые металлы способны нарушать ряд процессов, воздействуя на свойства почвы: величину рН, течение микробиологических процессов, образование гумуса и др. (Сизов А.П. и др., 1990).

Помимо косвенного воздействия на почвенные характеристики, тяжелые металлы оказывают и прямое воздействие на почву. Имеются данные о консервации органического вещества в загрязненных почвах, что связано с ограничением доступности комплексов тяжелых металлов с гумусовыми кислотами для минерализации микроорганизмами (Аристовская Т.В. и др., 1986; Чугунова М.В., 1990). В то же время, растворимые гумусовые кислоты в некоторых случаях могут стать главным фактором миграции тяжелых металлов по профилю, вызывая их перераспределение между горизонтами. Например, на кислых почвах при промывном водном режиме свинец образует соединения с высокомолекулярными фульвокислотами и, опускаясь с гравитационной влагой, осаждается в иллювиальном горизонте. Кадмий преимущественно связывается со средне- и низкомолекулярными фульвокислотами и мигрирует в более глубоко залегающие горизонты (Золотарева Б.Н. и др., 1980; Елпатьевский П.В., Аржанова В.С., 1990). В то же время некоторые авторы (Горбатов В.С., Зырин Н.Г., 1988) отмечают, что содержание и состав органического вещества на подвижность кадмия влияют в очень малой степени или не влияют совсем, а по свидетельству G. Petruzzelli et al. (1978), K.G. Tiller (1989) даже увеличивают его доступность растениям.

В целом установлено, что наибольшей устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами будут обладать почвы, богатые гумусом, с широким

соотношением  $C_{гк}/C_{фк}$  (Обухов А.И., 1990; Riffaldi R. et al., 1976; Anderson A., 1979), тяжелого гранулометрического состава с преобладанием глинистых минералов типа монтмориллонита и вермикулита (Химия тяжелых металлов..., 1985; Алексеев Ю.В., 1987; Tokahashi Y., Imai H., 1983), имеющие слабокислую или нейтральную реакцию среды и высокую поглотительную емкость (Алексеев А.А., 1979; Горбатов В.С., 1983; Горбатов В.С., Зырин Н.Г., 1988; Обухов А.И., 1990; Бингам Ф.Т. и др., 1993; Гришина А.В., Иванова В.Ф., 1997; Christensen T.N., 1984).

Опасность загрязнения почв и продукции растениеводства тяжелыми металлами особенно велика в хозяйствах, использующих интенсивные системы удобрения, а также в тепличных хозяйствах, где применяются повышенные дозы минеральных удобрений. Расчеты А. Anderson (1979) показали, что если концентрация кадмия в удобрении превышает 8 мг/кг, поступление элемента в почву не компенсируется выносом его сельскохозяйственной продукцией и выщелачиванием в подпочвенные горизонты, что ведет к накоплению кадмия в корнеобитаемом слое. Ряд авторов отмечают, что в настоящее время приток тяжелых металлов в почву с удобрениями превышает отток, имеет место длительный срок удержания элементов в пахотном горизонте почв и дальнейшая их аккумуляция (Ефремов Е.Н., Носиков В.В., 1988; Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993; Гребенникова В.В., 1997; Гришина А.В., Иванова В.Ф., 1997; Williams C.H., David D.J., 1973, 1976; Beau-fays J.M., Nangiot P., 1976; Poelstra P. et al., 1979; Tjell J.C. et al., 1980 ).

По мнению других авторов (Минеев В.Г., 1994; Постников А.В., Чумаченко И.Н., Кривопуст Н.Л., 1994; Акулов П.Г., Богомазов Н.П., Нетребенко Н.Н., 1995; Овчаренко М.М., 1995; Алметов Н.С., 1996), вклад минеральных удобрений в загрязнение почв тяжелыми металлами не столь существен. Так, например, J. J. Mortvedt (1987), обобщая данные по использованию фосфорных удобрений в США за последние 50 лет, сделал вывод, что за счет

удобрений произошло незначительное увеличение содержания тяжелых металлов в главных зерновых культурах.

В свою очередь, под действием минеральных удобрений и, прежде всего, фосфорных, обладающих значительной способностью к детоксикации ТМ, может существенно изменяться подвижность тяжелых металлов в почве. Это объясняется тем, что фосфаты большинства из них - нерастворимые соединения. Кроме того, при внесении фосфорных удобрений в почвенном растворе повышается количество ионов кальция - антогонистов большинства тяжелых металлов, что также препятствует поглощению их растениями. По данным Г.Г. Рабаданова с соавт.(1994), в исследованиях на пойме р. Вятки фосфорные удобрения снижали содержание меди и цинка в луговых травах первого укоса, увеличивая их содержание в травах второго укоса. Умеренные дозы фосфорных удобрений способствовали снижению содержания кадмия, в то время как высокие - увеличивали его содержание в зеленой массе трав.

К приемам детоксикации тяжелых металлов можно отнести и фосфорование кислых почв (Ильин В.Б., 1991). Однако этот прием эффективен только при сильном загрязнении почв, так как для образования осадка необходима определенная концентрация осадкообразующих элементов в растворе (Добровольский Г.В., Гришина А.А., 1985). При этом следует учитывать, что лабильность новообразованных форм фосфорных соединений значительно выше, чем природных, и это может в итоге привести к обеднению почвы кальцием, магнием, цинком (Кудеярова А.Ю., 1995).

Органические удобрения как источник питания растений и фактор урожайности изучаются уже много лет, однако их значение как фактора, влияющего на содержание тяжелых металлов в почве и растениях, изучено еще недостаточно и является весьма противоречивым. С одной стороны, в составе удобрений имеются тяжелые металлы, которые могут загрязнять почвы и грунтовые воды (Андреев В.А., Новиков М.Н., 1990; Орлов Д.С. и др., 1991). Так, например, исследованиями В.Б. Ильина (1991), И.А. Шильни-

кова и др. (1998), изучавших трансформацию жидкой фракции свиного навоза в известкованной почве, выявлено следующее. Содержащийся в навозном стоке цинк полностью адсорбировался в известковой почве, тогда как 30 % содержащейся в жидком навозе меди, напротив, приобретало более высокую подвижность. Вследствие этого авторы отмечали повышенный риск загрязнения грунтовых вод данным элементом.

С другой стороны, удобрения, активно изменяя агрохимические свойства почвы, влияют на подвижность тяжелых металлов, которая определяет потенциальную опасность загрязнения ими растительной продукции. Следовательно, органические удобрения могут стать фактором детоксикации загрязненных тяжелыми металлами почв (Минеев В.Г. Дебрецени Б.А., Мазур Т.В. 1993; Tjell J.C. et al., 1980).

В целом органические удобрения значительно менее концентрированы по содержанию ТМ, чем минеральные (Мерзлая Г.Е., 1996; Титова В.И. с соавт., 1997), но с учетом доз внесения они могут существенно повышать содержание тяжелых металлов в почве. В навозе и навозной жиже содержание токсических элементов может составлять: кадмия – до 40 мг/кг, свинца – 15 мг/кг воздушно-сухого вещества (Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993), что обеспечит поступление в почву с 50 т навоза на каждый гектар 38 г свинца, 2,3 г кадмия и т.д.

Металлы, содержащиеся в стоках, внесенных в почву, усваиваются культурными растениями и далее по пищевой цепи попадают в организм человека. При этом установлено, что большинство ТМ являются протоплазматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения их относительной атомной массы (Волошин Е.И., 2002). Растительный организм не имеет специфического (только от тяжелых металлов) защитного механизма, однако в растениях существует несколько систем контроля за поступлением токсичных элементов. Первым барьером на пути тяжелых металлов из почвы в надземную часть растений является покровная ткань корней, обла-

дающая значительной адсорбирующей способностью (Колосов Н.И., 1962). Толерантность к тяжелым металлам у растений генетически контролируется и имеет определенную емкость. Когда способность корней задерживать токсичные элементы исчерпывается, металлы поступают в листья и плоды. Характер их распределения по органам растения следующий: корни > стебли > листья > запасающие ткани и плоды (семена) (Гололобов А.Д., 1960; Химия тяжелых металлов ..., 1985; Van Bruwaene et al., 1984).

При высокой концентрации элементов растения могут накапливать избыточное их количество, что может вызывать общее угнетение или снижение качества продукции сельскохозяйственных культур (Зырин Н.Г., 1965; Кутепов Л.Е., 1995). При этом фитотоксический эффект цинка, меди, свинца, кадмия и хрома, выражающийся чаще всего в виде ингибирования активности ферментов, проявляется много раньше, чем наступает существенное загрязнение ими товарной продукции (Алексеев Ю.В., 1987; Гармаш Г.А., 1987; Черных Н.А. и др., 1995).

Фитотоксичность металлов и устойчивость к ним растений зависит от многих факторов, в том числе от типа почвы, концентрации в ней металлов, вида растений. Выявлено, что некоторые из культур способны накапливать отдельные тяжелые металлы без видимых признаков угнетения, другие же практически не поглощают тяжелые металлы из почвенного раствора, несмотря на их высокую концентрацию (Авраменко П.М., Лукин С.М., 1999; Елькина Г.Я., Табаленкова Г.Н., Куренкова С.В., 2001). В целом выделяют два способа приспособления растений к высоким концентрациям тяжелых металлов: использование защитных механизмов, природа которых не совсем ясна, и инактивация поступивших металлов, транспорт этих веществ в менее поражаемые компартменты клетки (Ernst W., 1976).

Установлено (Шестаков А.Г., Нелюбова Г.А., Прянишникова З.Д., 1956; Школьник М.Я., Копмане И.В., 1969; Замана Л.В., Гладкая Н.М., 1993; Бабкин В.В., Завалин А.А., 1995; Черных Н.А., 1995), что тяжелые металлы,

снижая поступление фосфора в растение, тем самым нарушают их фосфорный обмен, т.к. при недостатке фосфора за счет увеличения активности фосфатазы значительно увеличивается доля минерального фосфора в ущерб органическому. В качестве критического уровня содержания тяжелых металлов в растениях принимается их концентрация, при которой происходит снижение урожая на 10-25 %. В некоторых работах выявляется также содержание токсикантов, снижающее урожай на 50 %, однако эти данные имеют меньшее практическое значение, поскольку загрязнение, вызывающее такое падение урожайности, встречается крайне редко (Кузнецов А.В. и др., 1988; Бингам Ф.Т. и др., 1993; Кузнецов Н.П. с соавт., 1995).

Информация о критических концентрациях токсических элементов в надземной части растений полезна для прогноза потерь урожая. Исследователи F.T. Bingham, J.E. Strong., G. Sposito (1983) предложили уравнение, с помощью которого можно определить относительный урожай мангольда, зная содержание кадмия в его листьях:  $y=100-0,34(C-60)$ , где  $y$  - относительный урожай в процентах к возможному,  $C$  - концентрация кадмия в листьях, мг/кг. Аналогичные уравнения могут быть получены и для других культур. Результаты, полученные L.E. Sommers (1980), показывают, что различные сорта одной культуры дают широкий спектр уровней накопления поллютантов. Полевые опыты с кукурузой, выращенной на почве, обработанной осадком сточных вод, показали широкие пределы варьирования содержания кадмия в листьях - от 2,47 до 62,93 мг/кг, и в зерне - от 0,08 до 3,87 мг/кг.

В целях индикации загрязнения окружающей среды может использоваться свойство некоторых растений накапливать большие количества тяжелых металлов, т.к. традиционные методы оценки загрязнений - измерение химических, физических и физико-химических характеристик почвы, воды и воздуха - зачастую не дают удовлетворительных данных о взаимодействии живых организмов и окружающей среды. Кроме того, эти методы могут быть дороги и трудоемки. M. Kovacs и J. Podani (1986) предложили в качестве

биоиндикаторов - накопителей тяжелых металлов – ряд видов. Из грибов накопителями кадмия являются *Agaricum*, *Amanita muscaria*; свинца – *Agaricum*, *Gasteromycetes*. Из лишайников предлагается *Caloplaca aurantia* - накопитель свинца, кадмия и еще целого ряда токсичных элементов. *Lolium multiflorum* var. *italicum* (высшие растения) также является накопителем тяжелых металлов и может использоваться в целях биоиндикации. Для этого растение выращивают в незагрязненных условиях и на 14 дней помещают в изучаемый район, а затем подвергают анализу. В природных условиях выделяются растения, которым всегда было свойственно повышенное содержание свинца: мхи, лишайники, черника, папоротник, хвощ и некоторые другие (Свинец в окружающей среде, 1987; Ягодин Б.А., Торшин С.П., 1995). Из сельскохозяйственных культур для биоиндикации лучше всего подходят листовые культуры - салат, шпинат, укроп (Лебедева Л.А. и др., 1994; Van Bruwaene et al., 1984), а также рапс, сурепица, горец почечуйный (Осипов А.И., Алексеев Ю.В., 1996). По мнению Н.А. Черных, В.Ф. Ладонина (1995), бобовые культуры обладают большей способностью к накоплению тяжелых металлов, чем зерновые. Ряд культур, интенсивно поглощающих отдельные металлы, выявлен Ю.И. Ермохиным (1995<sup>а</sup>, 1995<sup>б</sup>).

Возможности фитомелиорации в последние годы в научной литературе обсуждаются достаточно активно. Среди культур, обладающих повышенной способностью к избирательному поглощению опасных для человека и сельскохозяйственных животных элементов, называют зернобобовые (Черных Н.А., Ладонин В.Ф., 1995), зерновые (Бокова М.И., Ратников А.Н., 1995; Гребенникова В.В., 1997), свеклу столовую (Гришина А.В., Иванова В.Ф., 1997) и другие культуры.

Таким образом, знание биологических особенностей сельскохозяйственных культур способствует решению проблемы рационального использования почв с различным уровнем загрязнения тяжелыми металлами. При этом должны приниматься во внимание культура, сорт и используемые в ка-



честве товарной продукции части растения. При учете всего этого на почвах с невысоким уровнем загрязнения можно без особого риска получать достаточно чистый урожай зерновых культур. Листовые культуры в этих условиях выращивать не рекомендуется. При более высоком уровне загрязнения лучше возделывать технические культуры.

В целом, по свидетельству М.М. Овчаренко (1995), применение минеральных удобрений дает 2,5-3,0 % загрязнения тяжелыми металлами. Поступление их в почву с органическими удобрениями (включая осадки сточных вод) может достигать 20-26 % общего потока токсичных элементов. Весомая доля антропогенного загрязнения обусловлена промышленными выбросами, транспортом, пестицидами и химическими мелиорантами. Соотношение же вкладов отдельных источников загрязнения в каждом конкретном случае, очевидно, будет определяться структурой экономики, развитием промышленности, транспорта и сельского хозяйства.

### 1.3. Современные технологии очистки навозных стоков

Характеристика отходов предприятий промышленного свиноводства, а также состав и свойства очищенных стоков в значительной степени определяются технологией очистки. В связи с этим рассмотрение проблемы следует начать с обзора и анализа существующих в настоящее время технологий очистки навозных стоков, состава и свойств образующихся при этом отходов, а также возможностей и перспектив их утилизации.

Как правило, производственные стоки животноводческих комплексов представляют собой полидисперсную коллоидную структуру с большим пределом изменения гранулометрического состава. Свиной бесподстилочный навоз представляет собой неоднородную смесь различных веществ: экскрементов животных, остатков корма, щетины, различных дезинфицирующих веществ и ряда других компонентов. Среди примесей могут находиться яйца гельминтов и патогенная микрофлора в споровой форме (Долгов В.С., 1984;

Рекомендации..., 1988). При этом скорость осаждения частиц основного класса (до 2 мм) из навозного стока составляет около 0,003 м/с. Интенсивное содержание твердых частиц наблюдается в течение первых 15 мин. и усиливается при увеличении влажности навоза (Генцлер Г.Л., 1980, 1981). Влажность свиного навоза составляет 77-90 % (нижний предел влажности получен при влажности корма 85 %), зольность – 16-24 % и рН 5,2-8,3. В условиях производства влажность навоза увеличивается и зависит, в основном, от технологии его приема и удаления и достигает 92-99 %, причем часть сухого вещества в количестве 0,5-3,0 % находится в растворенном состоянии. Зольность такого стока составляет 13-21 %, а рН находится в пределах нейтральной реакции среды (6,5-6,8) (Временные рекомендации ..., 1973).

Реологические показатели жидкого навоза, характеризующие его структурно-механические свойства, определяются, в основном, вязкостью (или предельным напряжением сдвига) и текучестью; при изменении влажности от 98 до 92 % вязкость изменяется от 0,01 Па·с до 0,11 Па·с, а в диапазоне влажности 84-86 % значения вязкости резко возрастают, что свидетельствует о потере текучести смеси (Тарасов С.И., Кумеркина Н.А., Никитина Н.А., 1998).

Установлено, что жидкий свиной навоз – это наиболее опасный отход животноводства, так как в нем не происходит самонагревания, вследствие чего возбудители инфекционных и инвазионных заболеваний сохраняют свои вирулентные свойства, особенно при увеличении влажности стока (Асмус Ф., 1990; Еськов А.И., Новиков М.И., 1998). Так, в жидком навозе возбудители рожи свиней в теплое время года сохраняют вирулентные свойства в течение 92 дней, бруцеллеза – 108 и вируса ящура – 42 дня. В осенне-зимнее время продолжительность выживания болезнетворных бактерий резко увеличивается и составляет 5-6 месяцев, а возбудителя туберкулеза – более года (Гермат Г.А., 1987; Рекомендации ..., 1988). Поэтому в экологическом и агроэкологическом отношении наиболее целесообразно хранить жидкий навоз в на-

копителях анаэробного типа, в которых создаются условия для его обеззараживания, обезвреживания, улучшения реологических свойств и сохранения биогенных элементов (Тарасов С.И., Кумеркина Н.А., Никитина Н.А., 1998).

Химический состав бесподстилочного навоза зависит от рациона и типа кормления, пола и возраста свиней, технологии содержания и кормления, породных особенностей и других условий (Демидова Л.Л. и др., 1995). Это не менее ценное органическое удобрение, чем навоз крупного рогатого скота (Системы удаления ..., 1977). В состав свиного навоза входят все необходимые для развития растений биогенные элементы. Данное органическое удобрение содержит 0,35-0,66 % общего азота, 0,15-0,76 % фосфора, 0,14-0,21 % калия (Изменение свойств..., 1988). Азот в навозе на 50-70 % представлен аммиаком и карбонатом аммония, а также нитратной формой, на которую приходится от 3 до 8 % (Васильев В.А., Швецов М.М., 1983). Данные формы хорошо усваиваются растениями в первый же год. Кроме того, бесподстилочный навоз содержит (в пересчете на 10 %-ное содержание сухого вещества) микроэлементы: бор - 3,6 мг/кг, марганец - 27,3 мг/кг, молибден - 0,18 мг/кг, медь - 6,9 мг/кг, цинк - 36,8 мг/кг (Бесподстилочный навоз..., 1978).

Учитывая в настоящее время острую потребность сельского хозяйства в органических удобрениях, необходимо решить ряд задач, связанных с возможностью использования производственного стока свиноводческих ферм и комплексов как ценнейшего удобрения, а именно: его обеззараживание, ликвидацию семян сорняков и возможность утилизации на сельскохозяйственных угодьях. Решением проблемы, связанной с утилизацией разбавленных стоков, может быть применение комплексной технологии, включающей в себя первичное разделение навоза на твердую и жидкую фракции и отдельную обработку обеих фракций с использованием ряда биотехнологических методов (Бочкарев Г.Р. и др., 1984).

В настоящее время утилизация производственных сточных вод крупных свиноводческих комплексов ведется по трем основным направлениям: подготовка и использование сточных вод для удобрительных поливов; очистка осветленного стока до норм, позволяющих произвести его сброс в водоем; использование питательных веществ, содержащихся в навозной массе, для получения различных кормовых добавок (Колтыпин Ю.А., Елин Е.Н., 1983; Гудилин И.И., Баяндина Г.В., 1985; Заманова М.Н., 1985). Для утилизации сточных вод по первому направлению применяется, в основном, механическая очистка с последующим термическим и химическим обеззараживанием. При утилизации осветленного стока по второму направлению применяются способы и сооружения для биологической и физико-химической очистки. Наиболее рациональным представляется утилизация сточных вод в качестве органического удобрения, наряду с переработкой жидкого навоза или использованием его в виде среды для получения белковых кормовых добавок (Шапарь В.М. и др., 1982; Нетрадиционные корма ..., 1984).

В качестве сооружений механической очистки применяются различные модификации процеживателей и первичных отстойников. К процеживателям, предназначенным для задержания крупных фракций навоза, относятся вибросита, дуговые сита, фильтр-сита, статические сита, виброгрохоты, роторные фильтрационные барабаны, виброфильтры, барабанные сетчатые фильтры. Процеживающие устройства имеют низкую производительность и эффективность работы, определяемую диаметром отверстий сит, при увеличении диаметра отверстий сит возможно получение навоза более низкой влажности при снижении эффекта разделения. Поэтому после процеживателей применяют различные типы отстойников и осветлителей. Наибольшая эффективность работы сооружений достигается при продолжительности отстаивания 2 часа и составляет 75 % по взвешенным веществам и 50 % по показателю биохимического потребления кислорода (БПК) (Генцлер Г.Л., 1999). С целью получения навоза более низкой влажности возможно приме-

нение метода механического обезвоживания центрифугированием на осадительных и фильтрующих центрифугах, шнековых прессах, винтовых фильтр-прессах, барабанных сепараторах, гидроциклонах, гидрогрохотах и др. аппаратах. Применение метода механического обезвоживания производственного стока дает возможность получения навоза влажностью до 65 %, что обеспечивает его транспортабельность и способность к биотермическому обеззараживанию при существенном уменьшении объема. Однако производительность аппаратов механического обезвоживания зависит от исходных свойств навозного стока, а содержание взвешенных веществ в осадке обуславливается не только параметрами работы установки, но и концентрацией их в исходном стоке и достигает 40 % взвеси от ее первоначального содержания. При ничтожно малой способности исходного стока к влагоотдаче его механическое обезвоживание весьма затруднительно, требует специальной подготовки стока, а дальнейшая обработка осадка сильно осложняется наличием в нем трудно оседающих веществ (Панкратов Ю.С., Генцлер Г.Л., 1989).

С целью интенсификации процесса механической очистки и нормальной эксплуатации сооружений последующей биологической очистки ведутся работы по применению физико-химических методов, стимулирующих более полное извлечение взвешенных веществ и глубокое разделение стока на фракции. К таким методам относятся коагулирование, флокулирование, флотация и электрофлотация, электрокоагулирование, вспенивание. Задача обеззараживания производственного стока решается термическими методами прогрева навоза острым паром, контактно-газовым способом с применением установки погружного горения, с помощью электрогидравлического эффекта, возникающего в зоне импульса высоковольтного разряда, электрохимическим способом при постоянном, переменном и импульсном токе с использованием электрогидравлического эффекта, ультразвуком, электрокоагуляцией с последующим ультрафиолетовым облучением, озонированием, методом ионизирующих излучений высоких энергий (Плященко С.И., 1989). Приме-

нение перечисленных методов возможно при комплексном решении проблемы обработки стоков с конкретным технико-экономическим анализом и прогнозом степени очистки. К тому же получаемая на этом этапе твердая фракция может быть легко реутилизирована путем компостирования с последующим использованием в качестве удобрения (Бочкарев и др., 1984).

Следующим этапом, обеспечивающим более глубокую очистку навозных стоков, является их многоступенчатая биологическая очистка в аэротенках. На сегодняшний день это единственно реальный метод, позволяющий решить вопрос сброса очищенных стоков в открытые водоемы. Следует подчеркнуть, что вследствие высоких затрат этот метод экономически целесообразен в районах с ограниченным количеством земельных угодий (Панкратов Ю.С., Генцлер Г.Л., 1989, Справочная книга ..., 2001).

Ведущее положение в качестве сооружений биологической обработки осветленного стока занимают, в зависимости от производительности, биофильтры (башенные, погруженные барабанного типа, дисковые) и аэротенки (Пяева О.Д., Байдукин Ю.А., 1982). Применяются различные конструкции аэротенков: аэротенки-отстойники с нормой ила 6-8 г/л, коридорные аэротенки с децентрализованной подачей, аэротенки продленной аэрации (режим продленной аэрации рекомендован при химическом потреблении кислорода (ХПК) не выше 4,5 г/л, тогда продолжительность аэрации составляет 3,7 суток при норме ила 10-12 г/л), аэротенки-смесители, высоконагружаемые аэротенки, симбиотенки (Скляр В.И., Эпов А.Н., Калюжный С.В., 2002).

При необходимости глубокой очистки осветленного стока рекомендуется применение двухступенчатой очистки в аэротенках: в этом случае снижение концентрации БПК и ХПК составляет в среднем 85-98 %, а аммонийного азота – 60 %. Однако эффективность очистки второй ступени в 2-3 раза ниже эффективности первой, что объясняется наличием спектра трудноокисляемых органических соединений. Эффект снижения органических загрязнений возрастает при использовании для предварительной очистки метода ана-

эробного или контактного сбраживания. В этом случае максимальное снижение БПК составляет 90 % (при исходном БПК<sub>5</sub> 36 г/л), причем иловая жидкость легче обрабатывается во второй ступени. Установлено, что в сточных водах свиноводческих комплексов среди группы микроорганизмов, способных к активному окислению органических веществ, значительное место занимают термофильные ценозы, физиологическая активность которых составляет 100 мгХПК/г·ч, когда как для мезофилов эта величина составляет 60-70 мгХПК/г·ч. Создание двухступенчатой установки с аэротенками, работающими в термо- и мезофильном режиме, позволит интенсифицировать процесс биологической очистки, протекающий с термогеназным явлением.

Изучение динамики ферментативной активности и окислительной способности микробных ценозов позволило установить оптимальную нагрузку на ил, плотность популяций и интенсивность аэрации. В биоценозах с концентрацией ила 6-10 г/л при нагрузке 300 мг ХПК/г и режиме перемешивания с интенсивностью аэрации 1 720 мг О<sub>2</sub>/л·ч наблюдается максимальная физиологическая активность микрофлоры. На основании полученных соотношений для комплексов 54, 108, 216 тысяч голов скота разработаны аэротенки с механическими аэраторами – рототурбинами, для комплексов 12 и 24 тысячи голов скота – аэротенки с пропеллерными пневмомеханическими аэраторами (Генцлер Г.Л., 1999).

Однако следует отметить, что существующая на сегодняшний день практика обработки навозных стоков с использованием аэробной очистки на установках с активным илом, большинство из которых построены 20-30 лет назад, крайне неэффективна из-за недостаточно удовлетворительной работы сооружений механической очистки и наличия трудноокисляемых органических соединений в стоке (работа аэротенков осложнена, проходит в режиме повышенных нагрузок и дефицита кислорода в иловой смеси). В итоге качество очищенных стоков в несколько раз превосходит допустимые нормы и

имеет неуклонную тенденцию к ухудшению показателей очистки (Калужный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н, 1991).

Усугубляет ситуацию еще и тот факт, что на подавляющем большинстве предприятий промышленного животноводства установлены очистные сооружения, изначально предназначенные по технологическому проекту для очистки хозяйственно-бытовых стоков. При этом не учитывалось то, что производственные стоки свиноводческих ферм характеризуются высокой концентрацией взвешенных веществ, превосходящей концентрацию их в хозяйственно-бытовых стоках в 15-100 раз, количество грубодисперсных взвешенных веществ составляет 600-35 000 мг/л, в том числе оседающих – 60-95 %, БПК<sub>5</sub> осветленной жидкости – от 2 до 12 тыс. мг/л. Удельная теплоемкость бесподстилочного навоза изменяется от 3 250 до 1 700 Дж/кг· К в зависимости от влажности, содержание органических веществ, аммиака, соединений фосфора и калия также в сотни раз превышает их содержание в бытовых стоках. Дело в том, что данные конструкции проектировались в те времена, когда требования и нормы по сбросу были гораздо более мягкими, а концентрации по азоту и фосфору вообще не нормировались. Как результат, на сегодняшний день почва и грунтовые воды в районах интенсивного животноводства сильно загрязнены как органическими, так и минеральными компонентами (Калужный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н, 1991). Поэтому широко распространенные очистные сооружения, предназначенные для очистки коммунальных стоков, оказались непригодными для переработки стоков животноводческих комплексов.

В настоящее время ведутся интенсивные поиски методов и способов удаления, переработки и использования навоза с крупных животноводческих ферм, предусматривающие его полную утилизацию (Пяева О.Д., Байдукин Ю.А., 1982). Решение проблемы заключается прежде всего в том, чтобы животноводческие комплексы стали источником сырья для получения дополнительной сельскохозяйственной продукции (Григоров М.С., 2000). Так, про-



блема разрастания активного ила, сопровождающая деятельность биологического этапа очистки и влекущая за собой увеличение экономических и энергетических затрат на его утилизацию, может, напротив, послужить основой получения дополнительных прибылей. Этому поможет научный задел в области биотехнологии, который позволяет уже сегодня создавать биотехнические системы производства кормовой и удобрительной биомассы микроорганизмов, осуществлять биологическую очистку воды, получать ценные органические и биологически активные вещества, а также осуществлять биологическую мелиорацию поверхностного слоя (Колтыпин Ю.А., Елин Е.Н., 1983).

Для повышения воспроизводства плодородия почв и рекультивации нарушенных земель предварительно изучено и предложено орошение почв удобрительной суспензией почвенных микроорганизмов в виде микроводорослей и азотобактера, культивируемых совместно. В этом случае прирост биомассы культивируемых растений в результате биологической мелиорации увеличивается на 17-60 %, что подтверждено лабораторными и полевыми опытами. При этом в качестве питательных сред для выращивания удобрительной биомассы микроорганизмов могут быть использованы традиционные удобрения – стоки животноводческих комплексов (Калюжный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н, 1991)..

Создана и испытана уникальная установка по очистке стоков от животноводческих комплексов методом выращивания кормовых дрожжей (Очистка стоков ..., 2002). Предложенный способ очистки стоков реализуется путем двухстадийной их биологической обработки, в ходе которой осуществляется культивирование высокопродуктивных быстрорастущих штаммов дрожжей, способных ассимилировать биогенные элементы (азот, фосфаты, калий и др.) из среды и накапливать биомассу с содержанием до 50 % протеина с высокой степенью очистки сточных вод: по аммонийному азоту – с 500 до 5 мг/л, по фосфатам – с 600 до 4,5 мг/л, нитритам – до 0,02 мг/л, нитратам – до 45 мг/л, ХПК – до 150 мг/л. Азот и фосфор органически связываются в дрожжевых

клетках, что повышает качество дрожжей, применяемых последствие при откорме.

Интересным предложением для получения высококачественных пищевых добавок из животноводческих отходов является использование специальной культуры синантропных мух (Ерофеева Т.В., Геодакян Р.О., Одинец А.А., 2000). Привлекательность данного метода состоит в том, что наряду с кормовой добавкой возможно получение биоперегноя, использование которого рекомендуется в целях повышения урожайности культур как в открытом, так и в закрытом грунте. Существует также идея полной утилизации высококонцентрированных навозосодержащих сточных вод с помощью гидропонного выращивания культур. Как утверждает А.М. Асонов (1999), гидропонная установка на промышленном животноводческом предприятии может стать непрерывно действующей фабрикой полной утилизации навозосодержащих стоков и производства зеленых витаминных кормов (Шапарь В.М. и др., 1982).

В последнее время для подготовки животноводческих стоков к дальнейшему использованию широко применяются сооружения естественной биологической очистки. В этом аспекте очень привлекательным и, безусловно, интересным является опыт А.В. Шуравилина, В.С. Меркурьева, Т.А. Михалевой (2001) с использованием ботанической площадки для повышения эффективности очистки сточных вод. Опыт проводился в экспериментальном хозяйстве «Кленово – Чегодаево» Подольского района Московской области, где очистка стоков животноводческой фермы по откорму свиней происходит в двухступенчатых рыбоводно-биологических прудах, представляющих собой последовательно размещенные накопители, водорослевые, рачковые и рыбоводные пруды. Для повышения эффективности процесса очистки между рачковым и рыбоводным прудами была размещена ботаническая площадка, засеянная многолетними травами, пройдя которую стоки освобождались от микроводорослей и частично от биогенных элементов (азота, фосфора и ка-

лия). Система работала в проточном режиме: животноводческие стоки, проходя по бороздам ботанической площадки, собирались в лоток и сбрасывались в рыбоводный пруд. Результаты исследований показали, что около 15 % стоков впитываются в почву, обеспечивая многолетние травы влагой и питательными веществами. Внесение в почву ботанической площадки животноводческих стоков при их доочистке обеспечивало повышение агрегатированности почвы и улучшение ее структурного состояния. Содержание агрономически ценных агрегатов в слое почвы 0 – 30 см увеличилось до 76,3 %, а коэффициент структурности - до 3,2. Количество водопрочных агрегатов возросло с 32,7 до 37,2 %. При этом наблюдалась тенденция некоторого уплотнения почвы, снижения ее пористости и влагоемкости. Животноводческие стоки уменьшали также впитывающую способность почвы: водопроницаемость уменьшалась относительно контроля на 16,6 %.

Существует международный опыт доочистки навозных стоков, сбрасываемых в пруды-накопители, с помощью водных растений. Исследованиями А.К. Мальцева (2000) выявлено, что наиболее перспективной в этом плане культурой является эйхория отличная или водный гиацинт (*Eichornia*). Данное растение в процессе роста способно извлекать из среды обитания различные биогенные элементы, содержащиеся в очень высоких концентрациях, что позволяет создавать низкозатратные, энергосберегающие водоочистительные системы. Также перспективным является использование водного гиацинта для очищения естественных прудов и малых рек от органических загрязнителей, так как данное растение не переносит зимовок и, вследствие этого, не будет являться в дальнейшем засоряющим растением. Опыты Liao Xindi и Luo Shiming (2002) с культурами *Vetiveria zizanioides* и *Cyperus alternifolius* показали возможность использования и этих растений для извлечения растворенных биогенных веществ (степень очистки достигала 90 %).

Еще одним направлением, повышающим качество работы очистных сооружений (хотя и более дорогостоящим), является внедрение реагентных

методов удаления из сточных вод биогенных элементов. Так, В.Н. Чернышевым, Н.И. Куликовым и А.А. Ракульцевым (2001) для удаления из навозных стоков азота и фосфора предложен реагентный метод с применением гальванокоагуляторов. Рядом иностранных исследователей (Anderson G.K, 2000; Robertson W. D., 2000; De Haas D.W., Wentzel H.C., Ekama G. A., 2001) предложено усовершенствование процесса биологической очистки путем введения соединений железа ( $\text{FeCl}_2$ - $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ). Данный реагентный метод направлен на осаждение преимущественно растворимых в навозном стоке фосфатов, являющихся одним из доминирующих показателей неудовлетворительной очистки.

В.И. Скларом, А.Н. Эповым и С.В. Калюжным (2002) предлагается интегрированная схема обработки жидких навозных стоков, направленная на удаление фосфатов и азота из осветленного стока. При этом образуется биогаз (70 %  $\text{CH}_4$  и 30 %  $\text{CO}_2$ ), а также ценное сбалансированное минеральное удобрение – кристаллы струвита ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ) и гидроксиапатита ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ). Их предлагается использовать самостоятельно или добавлять в компостируемую твердую фракцию для повышения ее удобрительной ценности.

В схему очистных сооружений С.Р.Л. Gredy и С.Д.М. Filipe (2000) предлагается внедрять биореакторы для очистки сточных вод от углерод-, азот- и фосфорсодержащих соединений. Их утилизация достигается путем биоразложения, окисления аммиака до нитратов, последующего их восстановления до газообразного азота и удаления соединений фосфора в виде полифосфатов. При этом в биореакторах используется комплекс микроорганизмов, способных осуществлять аэробную и анаэробную очистки и ферментацию, сохраняя полифосфаты, и в течение длительного периода времени существовать без кислорода (Девисилов В.А., Котельников Ю.В., Куфтов А.Ф., 1998).

На сегодняшний день принципиально новым подходом и альтернативой существующим технологиям утилизации животноводческих стоков является технология их биоконверсии с помощью вермикультуры. При этом биотехнологическая трансформация отходов – это безотходная технология, дающая возможность получать новое поколение органических удобрений в виде биогумуса и вермикомпоста, а также биологической массы червей (Орлова Е.Е., Бакина Л.Г., 2000). Исследованиями установлено, что из 1 т отходов животноводства можно получать 600 кг биогумуса с содержанием в нем 25-35 % органического вещества, наличием 0,8-2 % азота, до 1,5 % фосфора и 1,2 % калия, а также широкого спектра других необходимых растению элементов в сбалансированном виде. В свою очередь, биомасса червей – это ценная кормовая добавка к рациону разводимых животных, содержащая 67-72 % белков, 7-19 % жиров, 18-20 % углеводов и 2-3 % минеральных веществ (Шарафеева Ф.Г., Петров Б.Г., Гайбадулин А.Г., 1999).

Таким образом, из вышеизложенного следует, что в настоящий момент времени предлагается достаточно широкий спектр прогрессивных технологий модернизации стандартных очистных сооружений, позволяющих существенно снизить антропогенную нагрузку как на гидрологическую составляющую экосистем, так и на почвенно-биотический комплекс. Однако для принятия окончательного решения в выборе способа улучшения очистки необходима комплексная оценка, включающая анализ эффективности существующего технологического процесса на данном животноводческом комплексе и всестороннее исследование воздействия отходов данного предприятия на компоненты окружающей природной среды. Данное направление является относительно новым в практике научных исследований и подобных работ существует крайне мало, но в практике современного промышленного животноводства они очень востребованы.

В заключение раздела можно отметить следующее. Учитывая существенную изменчивость основных показателей почвы (содержание полуторных окислов, ила, гумуса, сумма обменных оснований, емкость катионного обмена и др.), влияющих на сорбцию различных химических соединений, привнесенных в почву извне, следует признать, что в процессе длительного сельскохозяйственного использования почв, сопровождающегося активным вмешательством человека в круговорот химических веществ, могут происходить значительные изменения генетических свойств почвы и ее изначальная способность «гасить» негативное воздействие будет преимущественно уменьшаться.

Одним из следствий этого процесса является и то, что в связи с варьированием этих показателей могут происходить значительные изменения в поглощении фосфатов почвами разной степени окультуренности, возрастающие в связи с крайне неравномерным распределением и внесением фосфорсодержащих (в том числе и органических) удобрений. По мнению А.Ю. Кудеяровой (1993, 1995) это дает основание рассматривать почвы отдельных регионов как техногенные положительные или отрицательные фосфатные аномалии. В свою очередь, эти аномалии приводят к изменению соотношений химических элементов в растениях (Ельников И.И., Кочетов А.Н., 1992), а через пищевые цепи могут оказывать отрицательное влияние на здоровье человека. В то же время отмечено, что из множества свойств, присущих фосфат-иону, чаще всего анализируется его способность к сорбции и образованию труднорастворимых минералов. Учитывая же способность фосфат-ионов вступать во взаимодействие с электрофильными центрами металл-ионов и атома углерода, фосфорсодержащие удобрения следует рассматривать не только как источник одного из необходимейших элементов питания растений, но и как фактор техногенной нагрузки почв химическими соединениями высокой реакционной способности. При этом возможно образование высоколабильных фосфорорганических соединений, способствую-

щих не только увеличению интенсивности миграции фосфора, но и выносу из почв органического углерода, что в конечном итоге может привести к деградации почв как биогенных образований.

Все вышеотмеченное предопределяет проведение постоянных наблюдений за экосистемами в зоне действия предприятий промышленного животноводства (свиноводства) как объектов, обладающих повышенной экологической опасностью и прямым воздействием на почвенно-биотический комплекс, водные ресурсы и воздушный бассейн, а также исследований, направленных на выявление проблем функционирования каждого конкретного из подобных предприятий. Ведь все они обладают свойственными только им технико-экономическими параметрами, располагаются в определенных почвенно-климатических условиях, влияющих на миграцию химических веществ, являющихся отходами жизнедеятельности животных или продуктами функционирования предприятий, по природным средам, а также на движение химических элементов в цепи «почва – растения – животный организм».

При этом результаты наблюдений в натурных условиях позволят выработать методику учета наблюдаемых изменений и их направленность, а данные, полученные в строго контролируемых экспериментах, – параметры и критерии для оценки наблюдаемых в производстве результатов. Все это позволит в дальнейшем вести хозяйство таким образом, чтобы сохранить устойчивость функционирования данной экосистемы при неуклонном повышении ее агроэкономической продуктивности.

## Глава 2. Объекты и методы проведения исследований

Материалы исследований относятся к территории Волго-Вятского экономического региона. В соответствии с почвенно-географическим районированием (Афанасьева Т.В. и др., 1979) территория, на которую они могут быть распространены, включает в себя дерново-подзолистые почвы Среднерусской провинции южно-таежной подзоны дерново-подзолистых почв Центральной таежно-лесной области (32,5% площади пашни Нижегородской области) и светло-серые лесные почвы Среднерусской провинции лиственнично-лесной зоны серых лесных почв Центральной таежно-лесной области (37,3% пашни).

### 2.1. Эколого-хозяйственная характеристика базового предприятия

Землепользование ОАО «Ильиногорское» находится в центральной части Володарского (ранее Дзержинского) района Нижегородской области в Средне-Русской провинции южно-таежной подзоны дерново-подзолистых почв.

Производственное направление хозяйства – производство мяса свинины. Проектная мощность свиного комплекса составляет 216 тысяч голов в год. Производственное направление определяет структуру сельскохозяйственных угодий, где основное место отводится кормовым культурам.

Основные климатические показатели, характеризующие территорию ОАО «Ильиногорское», приведены в таблице 2.1 и на рис. 1.

Показатели годовой суммы радиации и годового радиационного баланса, дающие представление о количестве поглощенных солнечных лучей и, косвенно, о тепловом режиме почвы, - средние для суббореального термического пояса данной территории. Показатель континентальности климата и



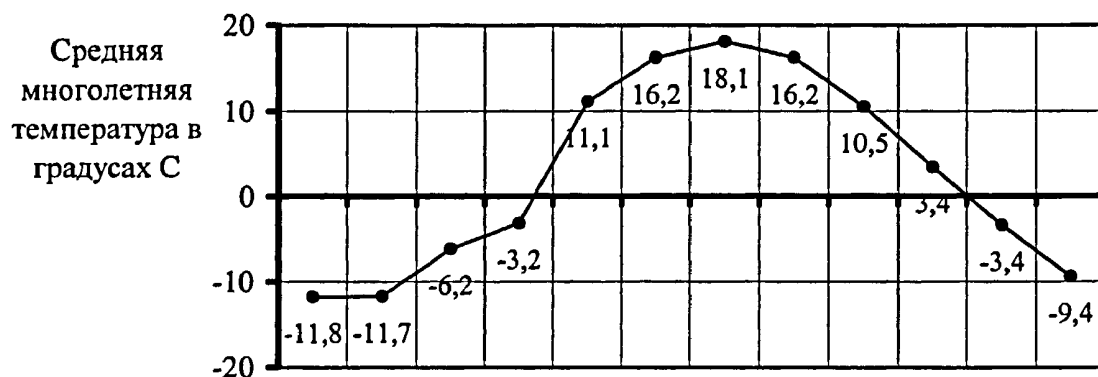
средние температуры января и июля характеризуют район проведения исследований по климату как умеренно континентальный.

Таблица 2.1

Современные ландшафтно-геодезические условия хозяйства  
(Экология ландшафтов..., 1995)

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Объект
1.	Годовая суммарная радиация	мДж/м <sup>2</sup>	3 750
2.	Годовой радиационный баланс	мДж/м <sup>2</sup>	1 560
3.	Средняя температура января	°С	-11,7
4.	Средняя температура июля	°С	18,0
5.	Коэффициент континентальности климата	балл	2,1
6.	Сумма биологически активных температур	°С	2 040
7.	Годовая сумма осадков	мм	620
8.	Годовая испаряемость	мм	500
9.	Коэффициент увлажнения	отн.ед.	1,24
10.	Коэффициент стока	отн.ед.	0,26
11.	Испарение	мм/год	430
12.	Гидротермический коэффициент		1,95
13.	Первичная продуктивность природных экосистем	т/га/год	10,5

Сумма биологически активных температур, относя этот район к бореальному термическому поясу, позволяет успешно возделывать все районированные культуры. Годовая сумма осадков и годовая испаряемость позволяют оценить указанный район как территорию с промывным типом водного режима, а коэффициент увлажнения, равный 1,22 - это подтверждает. Гидротермический коэффициент (ГТК) почти в 2 раза выше, чем на южной границе



Малый вегетационный период  $> 10^{\circ}$  : 8.05-16.09 – 130 дней  
 Большой вегетационный период  $> 5^{\circ}$  : 20.4-7.10 – 170 дней  
 Заморозки: ранние – 14.11; поздние – 23.05  
 Средние: дата полного оттаивания почвы – 24.04  
           вероятность начала выпаса скота – 30.04  
           глубина промерзания почвы – 57 см  
 Годовое количество осадков – 576 мм

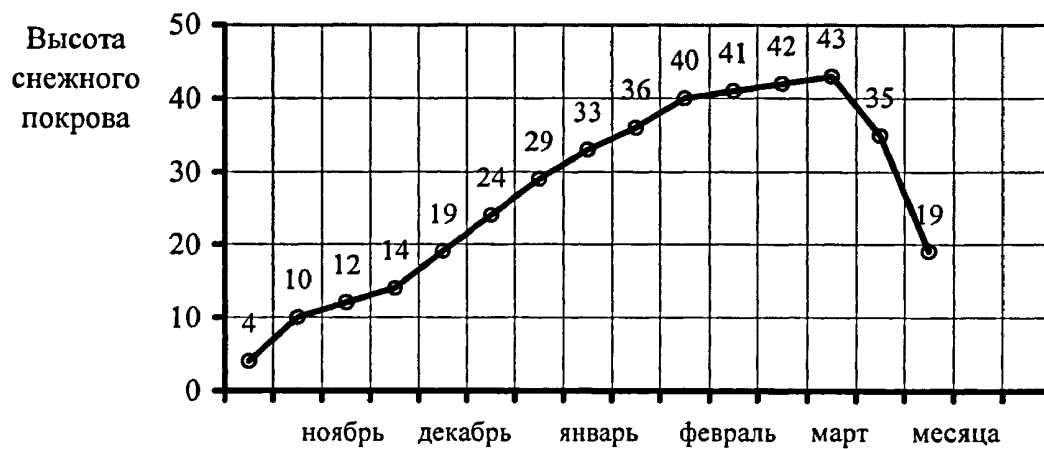
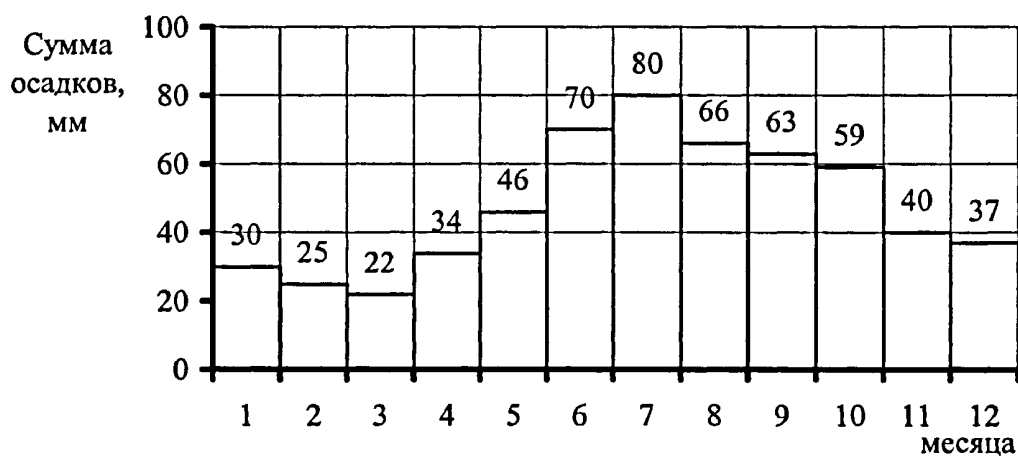


Рис. 1. Климатограмма многолетних данных  
 по метеостанции Городец (III<sup>а</sup> агроклиматический район)

лесостепи, что свидетельствует о хорошей влагообеспеченности растений в данной местности. Однако при коэффициенте стока, равном 0,28, расчетная величина ГТК может оказаться значительно меньшей, что и подтверждается довольно часто погодными условиями отдельных лет наблюдений. Территория свинокомплекса расположена на юго-западе южно-таежной подзоны дерново-подзолистых почв (III<sup>a</sup> агроклиматический район). В целом район прохладный и умеренно влажный. Среднегодовая температура воздуха составляет 3,3°. Период с температурой воздуха выше 0° наступает 4 апреля, заканчивается 1 ноября, продолжительность его 210 дней. Сумма положительных температур за этот период составляет 2 414°.

Период с температурой воздуха выше 5° (вегетационный период) наступает 19 апреля, заканчивается обычно 9 октября. Продолжительность его в среднем 172 дня. Сумма положительных температур за этот период равна 2 318°. Период с температурой воздуха свыше 10° наступает 3 мая и заканчивается 17 сентября. Продолжительность его составляет 136 дней, сумма положительных температур – 2 015°. Лето, т.е. период устойчивых температур выше 15°, устанавливается около 17 июня и заканчивается 25 августа. Продолжительность его составляет 78 дней с суммой температур 1 285°. За год здесь выпадает около 499 мм осадков, за вегетационный период - от 325 до 275 мм. Основная масса осадков приходится на летние месяцы. В этот период преобладают в большинстве случаев осадки ливневого характера.

По средним многолетним данным максимум запасов продуктивной влаги в почве наблюдается в начале вегетационного периода. Запасы влаги в метровом слое к началу весны составляют в среднем 160-180 мм, что вполне достаточно для роста и развития озимых культур. В конце июня - начале июля запасы влаги в метровом слое составляют около 100-140 мм.

Образование устойчивого снежного покрова происходит в среднем 16 ноября. Средняя высота снега на полях во второй декаде марта достигает 37 см. Снег лежит 153 дня, сходит в среднем 7 апреля. Запасы воды в снеге в

это время составляют 125 мм. Глубина промерзания почвы под снегом равна в среднем 64 см. Оттаивание почвы начинается почти одновременно с началом снеготаяния, но идет значительно медленнее. От разрушения снежного покрова до поспевания почвы проходит в среднем 15-20 дней. Мягкопластичное состояние почвы на возвышенных, проветриваемых местах и южных склонах наступает в среднем 27 апреля. Прогревание почвы в 10-сантиметровом слое до температуры плюс 10<sup>0</sup> наступает к 19 мая, до плюс 15<sup>0</sup> - к 8 июня. Эти данные указывают на сроки посева семян теплолюбивых культур.

*Из вышеизложенного следует вывод, что климат хозяйства благоприятен для интенсивного ведения сельского хозяйства. Для выращивания сельскохозяйственных культур, районированных в этой зоне, тепла достаточно. К отрицательным факторам климата относятся поздние весенние и ранние осенние заморозки, которые значительно сокращают продолжительность вегетационного периода и пагубно влияют на многие сельскохозяйственные культуры. Дата последнего заморозка весной наблюдается в среднем 21 мая, а первого осенью - 21 сентября.*

Рельеф территории хозяйства. Южная и юго-западная части территории хозяйства расположены в пределах современных пойм, представляющих собой ложбинно-гравистую равнину, вытянутую вдоль русла реки Оки. Центральная часть этой равнины распаханна и может использоваться под посев овощных культур.

На ровных участках территории залегают дерново-подзолистые почвы различной степени оподзоленности легкосуглинистого и супесчаного гранулометрического состава. На всхолмленных участках залегают дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы. К низким местам приурочены дерново-подзолистые глеевые и торфянисто-глеевые почвы. На покатых склонах местного водораздела залегают смытые дерново-подзолистые почвы.

Разнообразие форм микрорельефа обусловило формирование дерново-луговых почв разного гранулометрического состава: на более возвышенных участках - супесчаных; на межгрядках - легко-, среднесуглинистых и глинистых почв нормального увлажнения и переувлажненных; в глубоких понижениях сформировались иловато-глеевые почвы.

Наличие большого количества всхолмлений и понижений на территории хозяйства создает некоторые затруднения в механической обработке почвы и уборке культур. В микро- и мезопонижениях рано весной почва бывает очень переувлажнена и поспевает к обработке позже, чем на ровных участках. Крутые склоны препятствуют обработке почв поперек склона, почва, как правило, пашется вдоль склона, что способствует развитию эрозионных процессов.

*Основой рационального землепользования является оптимальная структура земельных угодий, то есть такое соотношение площадей пашни, лесов, лугов, болот, водоемов, селитебной территории к общей площади землепользования, которое позволяет поддерживать экологическую устойчивость существующей экосистемы* (Экологические основы..., 1994). Установлено, что в Нечерноземной полосе России со сложным рельефом распаханность не должна превышать 50 %, леса, кустарники, луга должны занимать не менее 25-30 %, а урбанизированная площадь, или прочие угодья – не более 10 % от общей площади земельных угодий. Имеют право на существование болота, водоемы, без которых функционирование пашни не может быть устойчивым (Егоренков Л.И., 1985; Кольцов А.С., 1995).

Рассматривая с этих позиций распределение земель ОАО «Ильиногорское» (табл. 2.2), можно утверждать, что большинство параметров землеустройства хозяйства укладывается в предложенные рамки, за исключением суммарной площади лесов и кустарников, которая составила лишь 21,8 %.

*Структуру посевных площадей определяет производственное направление ОАО «Ильиногорское», вследствие чего здесь преобладают многолет-*

ние травы – 44 %. Зерновые культуры в структуре отсутствуют и на перспективу не планируются. Освоенных севооборотов в существующих границах ОАО «Ильиногорское» нет и не было. На перспективу по проекту вводится два севооборота – кормовой и полевой, в которых размещаются кукуруза, однолетние и многолетние травы, а также картофель и овощи. К намеченным севооборотам составлены переходные таблицы по каждому севообороту. Полностью освоение их произойдет к 2005 году.

Таблица 2.2

Экспликация земель ОАО «Ильиногорское»

№ п/п	Показатели	По учету на 01.01.2002г.	
		Площадь, га	%
1	Пашня	1 004,0	32
2	Сенокосы	341,0	11
	в т.ч. коренного улучшения	113,0	4
3	Пастбища	459,6	15
	в т.ч. коренного улучшения	309,9	10
4	Всего сельскохозяйственных угодий	1 804,6	58
5	Лес	507,8	16
6	Кустарник	170,9	6
7	Болота	166,8	54
8	Под водой	146,4	5
9	Дороги	40,0	1
10	Общественные постройки	176,5	6
11	Прочие земли	74,5	2
12	Всего земель	3 087,5	100

Основу ОАО «Ильиногорское» составляет животноводческий комплекс по откорму и выращиванию свиней. Если соотнести количество разво-

димых животных к площади пастбищ, то в данном хозяйстве на каждый гектар пастбищ приходится 187,3 головы скота, что в 2,7 раза выше соответствующего норматива в Великобритании (70 гол./га), и в 18,7 раза выше норматива, принятого в Швейцарии (10 гол./га).

Данные цифры являются доказательством того, что территория, занимаемая хозяйством, испытывает значительное воздействие со стороны производственно-технологического комплекса, превышающее рекомендации для развитых стран Западной Европы.

*В структуре товарной продукции мясо, продукция животноводства собственного производства и реализация в переработанном виде занимают 98,57 %, на молоко приходится 1,25 %, а остальные 0,18 % остаются на продукцию растениеводства (табл. 2.3).*

Важным показателем деятельности хозяйства, во многом определяющим эффективность работы, является выручка от реализации продукции. Ее своевременное поступление обеспечивает непрерывность кругооборота средств, бесперебойность производственного процесса. Из полученной выручки возмещаются затраты на сырье, материальные и другие ресурсы.

*В целом, рентабельность ОАО «Ильиногорское» зависит от животноводства, в частности, от производства мяса свиней. На перспективу планируется получение прибыли в 83 160 тыс. руб., в том числе от производства мяса свиней 79 716 тыс. руб. Увеличение прибыли должно произойти за счет увеличения объемов производства продукции, а также роста цен, что обеспечит значительное увеличение выручки от реализации продукции. Все это позволит достичь сравнительно высокого уровня эффективности ведения хозяйства и поднять рентабельность по растениеводству до 94 %, а по животноводству – до 23 %.*

Таблица 2.3

## Рентабельность производства в ОАО «Ильиногорское»

№ п/п	Культура и виды продукции	Реализация, т		Выручка, тыс. руб.		Себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.		Прибыль (+) убыток (-), тыс. руб.		Рентабельность, %	
		1999 г.	2005 г.	1999 г.	2005 г.	1999 г.	2005 г.	1999 г.	2005 г.	1999 г.	2005 г.
1	Картофель	27	30	123	165	69	111	54	55	78	49
2	Овощи	33	20	96	110	60	84	36	26	60	31
3	Зеленые корма	-	560	-	140	-	95	-	45	-	47
4	Силос	-	5 800	-	3 190	-	1 450	-	1 740	-	120
5	Сено	-	405	-	640	-	447	-	193	-	43
Итого по растениеводству				219	4 245	129	2 187	90	2 059	70	94
6	Молоко	4 446	700	1 410	4 200	1 158	2 815	252	1 385	-	49
7	Мясо свиней	487	13 000	8 092	429 000	9 946	349 284	-1854	79 716	-	23
Итого по животноводству				9 502	433 200	11 104	352 099	-1602	81 101	-	23
Всего по хозяйству				9 721	437 445	11 233	354 286	-1512	83 160	-	24



## 2.2. Система экологического мониторинга

Система экологического мониторинга предполагает наблюдения за изменениями различных природных сред, среди которых выделяют мониторинг грунтовых и поверхностных вод, контроль очистки стоков, загрязнения воздушного бассейна и сельскохозяйственных земель. На сегодняшний день на свинокомплексе действует контроль наблюдений за изменениями всех природных сред.

При этом необходимо отметить, что для осуществления мониторинга вод предприятие имеет свою аккредитованную Объединенную химическую лабораторию (*Аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001. 513990 соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025. Действителен до 5 июня 2007 года*). Контроль качества воздуха и почв осуществляют специализированные организации, имеющие соответствующие лицензии.

Программой диссертационной работы предусматривались исследования агроэкологического состояния почв, анализ динамики химического состава подземных и поверхностных вод, контроль качества поэтапной очистки животноводческих стоков на очистных сооружениях ОАО «Ильиногорское» и мониторинг загрязнения воздушной среды. Некоторые исходные данные были отобраны автором работы из фондов службы экологического мониторинга ОАО «Ильиногорское», территориального центра государственного мониторинга недр ФГУПП «Волга-геология», ФГУ Центр агрохимической службы «Нижегородский». Последующий подробный анализ собранных данных, с целью определения степени экологического воздействия свинокомплекса на окружающую природную среду, проведен лично автором работы.

Контроль за соблюдением нормативов предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения на свинокомплексе в период 1997 – 2001 г.г. осуществлялся силами специализированной организации – отделом физико-химического контроля Управ-

ления по экологическому контролю Нижегородской области. Периодичность контроля определяется в зависимости от мощности источника и величины ПДК<sub>м.р.</sub> загрязняющего вещества.

В соответствии с «Типовой инструкцией по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу в отраслях промышленности» обязательный систематический контроль (не реже 1 раза в 2 года) проходят источники с выбросами оксида углерода, двуокиси азота, взвешенных веществ, меркаптанов, аммиака, сероводорода, выделяющихся с котла КВН – 4М (котел Лапса). Остальные загрязняющие вещества контролируются эпизодически, 1 раз в 5 лет.

#### Мониторинг химического состава подземных и поверхностных вод.

Гидроэкологический мониторинг поверхностных и грунтовых вод позволяет не только отслеживать и выявлять источники загрязнения, но и на основе этих наблюдений разрабатывать комплекс мер по их устранению (Копейкина О.А., Корнеев Ю.И., 1999).

Ежегодный гидрохимический контроль за состоянием и качеством подземных вод на территории, находящейся в зоне влияния свинокомплекса, проводится Дзержинской гидрогеологической партией Территориального центра мониторинга недр Федерального государственного унитарного геологического предприятия «Волгагеология» в соответствии с договором № 31/2000 между ОАО «Ильиногорское» и ДГП ТЦМН ФГУ «Волгагеология».

Сводные результаты договорных исследований оформлены в виде итоговых отчетов (1995-2002 гг.), отдельные данные которых использованы нами для выявления закономерностей и установления причинно-следственных связей между производственной деятельностью хозяйства и состоянием водных объектов территории.

Основной целью мониторинга является осуществление многолетнего цикла наблюдений за изменением уровня, температуры и химического состава грунтовых вод водоносного четвертичного аллювиального горизонта и

гидравлически с ним взаимосвязанных напорных вод нижележащей водоносной нижеказанской карбонатной серии в условиях их эксплуатации и техногенного воздействия.

Стационарные наблюдения проводятся на Ильиногорском месторождении подземных вод в 11-ти наблюдательных скважинах: №№ 1, 3, 6, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19. Из них оценка режима подземных вод водоносного четвертичного аллювиального горизонта осуществляется в десяти скважинах: №№ 1, 3, 6, 9, 13, 14, 15, 16, 18, 19, а водоносной нижеказанской карбонатной серии – в скважине № 17.

Гидрохимический контроль наблюдательных скважин и воды поверхностных водоемов проводится 2 раза в год: в весенний паводок и летнюю межень при прокачке скважин эрлифтом. Один раз в год в период активного снеготаяния проводятся эколого-геохимические исследования по пылевым выпадениям из атмосферы путем изучения загрязнения снежного покрова водотоков и водоемов. Лабораторные исследования по содержанию биогенных элементов и спецкомпонентов в изучаемых водах проведены в аккредитованной аналитической Лаборатории Дзержинской гидрогеологической партии по гостированным методикам (Приложение 1).

Производственный лабораторный контроль очистки стоков, проводимый на свинокомплексе, осуществляется с целью наблюдения за эффективностью технологического процесса биологической очистки на различных стадиях, а также соблюдения нормативов допустимых сбросов и предупреждения отрицательного воздействия состава сточных вод на природный водоем. Он определяется требованиями СанПиН 2.1.5.980-00 и графиком аналитического контроля, который проходит согласование в экологической и водохозяйственной службе Главного управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Министерства природных ресурсов России по Нижегородской области и в ЦГСЭН по Володарскому району.

Качество сточной воды, поступающей на очистные сооружения, и очищенной воды на выходе с очистных сооружений анализируется на физико-химические показатели (температура, концентрация водородных ионов), на общее содержание примесей (в нерастворенном, растворенном и коллоидном состоянии), на обобщенные показатели (по методикам, приведенным в Приложении 1). Примеси в растворенном и коллоидном состоянии характеризуются такими показателями, как жесткость, содержание соединений железа, сульфатов, хлоридов. К ним также относятся биогенные элементы – соединения азота и фосфора. Обобщенными показателями загрязнения природных и сточных вод являются химическое потребление кислорода (ХПК) и биохимическое потребление кислорода (БПК).

Периодичность контроля составляет 1 раз в 10 дней. Отбор проб сточной воды проводится в соответствии с графиками аналитического контроля, которые согласованы в Нижегородском отделе экологического контроля. Все анализы выполняются из среднесуточной пробы.

Оценка эффективности работы отдельных звеньев очистки производится по работе дуговых сит (анализируемые показатели: влажность и зольность осадка), вертикальных отстойников (анализируемые показатели: взвешенные вещества, ХПК, БПК, соединения азота и фосфора) и аэротенков, где контролируется содержание растворенного кислорода в иловой смеси, доза ила по объему и весу, которая служит ориентировочным показателем того, сколько в иловой смеси потребителей загрязнения.

Агрохимический мониторинг. Законом Российской Федерации от 16 июля 1998 г. «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» проведение почвенных, агрохимических, фитосанитарных и экологотоксикологических обследований и мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения является одним из основных направлений агрохимического обслуживания.

Мониторинг почв ОАО «Ильиногорское» проводится по заказу хозяйства федеральным государственным учреждением «Центр агрохимической службы "Нижегородский"» и кафедрой агрохимии и агроэкологии НГСХА в соответствии с инструкцией (Методические указания по проведению ..., 1994). Анализы почв проводят в аккредитованной лаборатории Центра агрохимической службы «Нижегородский» по гостированным методикам (Приложение 2).

Полевое агрохимическое обследование почв проводится с целью получения информации об агрохимических показателях почв, их оценки и контроля за изменением плодородия и показателей безопасности (содержания поллютантов). Информация, полученная при полевом агрохимическом обследовании почв, используется для разработки проектно-сметной документации на известкование, комплексное агрохимическое окультуривание полей и планов применения удобрений в хозяйстве (Концепция ..., 1998).

### 2.3. Методика и условия проведения опытов

Методика постановки вегетационно-полевого опыта. Исследование последствий продолжающегося использования жидкого свиного навоза было проведено в условиях вегетационно-полевого опыта (опыт № 1), поставленного на вегетационной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА.

Опыт был заложен в 1996 году. Почва для всех опытных вариантов отобрана на территории землепользования ОАО «Ильиногорское» из пахотного и подпахотного слоев. Почва дерново-слабоподзолистая супесчаная на древнем аллювии, подстилаемом слоистыми песчаными и иловато-песчаными отложениями. Характеристика почвы на момент закладки опыта (май 1996 г., данные Титовой В.И.) представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4

## Агрохимическая характеристика почвы, опыт № 1

Почва	Слой почвы	рН <sub>KCl</sub>	Гу- мус, %	Нг	S	T	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				мг-экв на 100 г				по Кирсанову, мг/кг	
Дерно- во- слабо- подзо- листая	пахот- ный	5,6	1,3	2,8	6,4	8,7	74	930	83
	подпа- хотный	5,4	0,6	0,9	1,8	2,7	66	277	37

Опыт заложен в сосудах из нержавеющей стали без дна, диаметром 40 см и высотой 60 см. Масса почвы в пахотном слое (0-20 см) и в подпахотном (20-40 см) составила по 35 кг.

Опыт заложен по следующей схеме:

- 1) контроль – вариант опыта без внесения удобрений;
- 2) ЖСН-200 – вариант опыта с продолжающимся ежегодным внесением жидкого свиного навоза в дозе 200 т/га;
- 3) N<sub>100</sub>K<sub>200</sub> – вариант опыта с ежегодным внесением минеральных азотных и калийных удобрений в дозе 100 кг азота и 200 кг калия на 1 га.

Минеральные удобрения (сульфат аммония - 21 % д.в. и сульфат калия - 50 % д.в.) вносили в виде растворов, жидкий свиной навоз – в естественном жидком состоянии, поверхностно, при последующей заделке рыхлением почвы на глубину 5 см. В 1996 г. удобрения были внесены при набивке сосудов в пахотный слой почвы и тщательно перемешаны, после чего был посеян амарант багрянолистный (*Amaranthus crutntus*). Следующей опытной культурой (1997 г.) была многоукосная озимая рожь (*Secale cereale*) сорт «Кормовая 61», удобрения под которую были внесены сразу после уборки амаранта. После озимой ржи, с 1998 г., в опыте выращивали левзею сафлоровидную (маралий корень) (*Rhaponticum carthamoides Willd*).

Удобрения под маралий корень в 1998 г. внесены при перебивке почвы весной до посева. В последующие годы ежегодную дозу удобрений вносили

ранней весной до начала вегетации культуры. Из-за слабого отрастания надземной массы в первый год возделывания левзеи (1998 г.) было принято решение не проводить укос культуры. С 1999 г. маралий корень давал стабильно во все годы последующих исследований по два укоса.

Количество питательных веществ, внесенных в почву с удобрениями, показано в таблице 2.5.

Уход за опытом осуществляли с учетом рекомендаций по уходу за опытами (Доспехов Б.А., 1985).

Таблица 2.5

Дозы удобрений, рассчитанные для вегетационно-полевого опыта

Варианты опыта	Внесено питательных веществ в составе удобрений, г/кг почвы								
	1996-1998 гг., ежегодно			1999-2002 гг., ежегодно			Всего за период исследований		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ЖСН-200	0,06	0,09	0,03	0,05	0,07	0,04	0,38	0,55	0,25
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	0,04	-	0,07	0,04	-	0,07	0,28	-	0,49

Методика проведения вегетационных опытов. Для изучения влияния высоких доз разных форм свиного навоза (твердого свиного навоза – ТСН, жидкого свиного навоза – ЖСН и илового осадка - ИЛ) на продуктивность кормовых культур и свойства почвы были заложены вегетационные опыты №№ 2-4.

Вегетационные исследования проводились в соответствии с общепринятой методикой (Методика ..., 1967; Агрохимические методы ..., 1975) на вегетационной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии в сосудах Митчерлиха емкостью 5 кг почвы при 4<sup>х</sup> кратной повторности. Количество высеваемых се-

мян для кукурузы составило (опыты 2-4) 18 штук. К уборке в каждом сосуде оставалось по 5 растений. Уборку проводили в фазу выметывания метелки.

Для исследований использовали светло-серую лесную легкосуглинистую почву, характеристика которой представлена в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Агрохимическая характеристика почвы

Опыт №..., годы	pH <sub>KCl</sub>	Нг	S	T	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг-экв/100 г				мг/кг	
Опыты № 2-4, 2001-2002 г.	5,8	2,8	12,1	14,9	82	210	93

Как следует из представленных данных, величина обменной кислотности характеризует реакцию почвы как близкую к нейтральной. Об этом же свидетельствует степень насыщенности почвы основаниями. Содержание подвижных соединений фосфора высокое, а калия – среднее. В целом можно отметить, что агрохимическая характеристика используемой в опыте почвы достаточно близка к аналогичным показателям пахотных угодий ОАО «Ильиногорское».

Опыты заложены по единой принципиальной схеме: вариант без удобрений; внесение азота, фосфора и калия в форме минеральных удобрений; одинарная, двойная и тройная дозы органических удобрений. В качестве минеральных удобрений в опытах использовали суперфосфат двойной, растертый в ступке до порошкообразного состояния, а также карбамид и хлористый калий.

Схемы вегетационных опытов и внесение питательных веществ отражены в таблицах 2.7 и 2.8.

Как следует из представленных данных, две из трех испытываемых доз твердого свиного навоза и навозных илосодержащих стоков и одна – жидкого свиного навоза, превышают экологически допустимые дозы по азоту.



Таблица 2.7

## Условное обозначение и содержание вариантов

№	Условное обозначение	Содержание варианта
<i>Опыт № 2</i>		
1	Контроль	без внесения удобрений
2	N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>	Минеральные удобрения из расчета 200 мг д.в. каждого элемента на 1 кг почвы
3	ТСН, 50	Твердый свиной навоз из расчета 50 т/га
4	ТСН, 100	Твердый свиной навоз из расчета 100 т/га
5	ТСН, 150	Твердый свиной навоз из расчета 150 т/га
<i>Опыт № 3</i>		
1	Контроль	без внесения удобрений
2	N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>	Минеральные удобрения из расчета 200 мг д.в. каждого элемента на кг почвы
3	Ил, 100	Навозные илосодержащие стоки из расчета 100 т/га
4	Ил, 200	Навозные илосодержащие стоки из расчета 200 т/га
5	Ил, 300	Навозные илосодержащие стоки из расчета 300 т/га
<i>Опыт № 4</i>		
1	Контроль	без внесения удобрений
2	N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>	Минеральные удобрения из расчета 200 мг д.в. каждого элемента на кг почвы
3	ЖСН, 200	Жидкий свиной навоз из расчета 200 т/га
4	ЖСН, 400	Жидкий свиной навоз из расчета 400 т/га
5	ЖСН, 600	Жидкий свиной навоз из расчета 600 т/га

Кроме того, особо следует отметить недостаточное внесение калия (по сравнению с азотом и фосфором), что может негативно отразиться на величине планируемого урожая.

Таблица 2.8

## Внесение элементов питания в опытах

Варианты опыта	Фактически внесено, г/сосуд				Внесено в расчете на 1 га, кг		
	Орг. уд.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Опыт № 2</i>							
Контроль	-	-	-	-	-	-	-
N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>		1,000	1,000	1,000			
ТСН, 50	84	0,302	0,328	0,042	180	195	25
ТСН, 100	168	0,604	0,656	0,084	360	390	50
ТСН, 150	252	0,906	0,984	0,126	540	585	75
<i>Опыт № 3</i>							
Контроль							
N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>		1,000	1,000	1,000			
Ил, 100	333	0,233	0,100	0,033	140	60	20
Ил, 200	666	0,466	0,200	0,066	280	120	40
Ил, 300	999	0,699	0,300	0,099	420	180	60
<i>Опыт № 4</i>							
Контроль							
N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>			1,000	1,000			
ЖСН, 200	165	0,264	0,281	0,083	160	170	50
ЖСН, 400	334	0,534	0,568	0,167	320	340	100
ЖСН, 600	500	0,800	0,850	0,480	480	510	150

Модельные лабораторно-полевые опыты. Целью закладки опытов являлось моделирование микробиологических процессов в почве после внесения в нее удобрений, но без участия растений. Опыты проведены в пластмассовых сосудах на 0,5 кг почвы. Почву в сосудах периодически рыхлили и увлажняли для создания наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов.

Схема опытов:

- контроль без удобрений;
- ЖСН 200 м<sup>3</sup>/га;
- ЖСН 400 м<sup>3</sup>/га.

Для закладки опытов использовалась дерново-подзолистая песчаная (опыт № 5) и среднесуглинистая (опыт № 6) почва, отобранная с участков, не используемых под пашню, на территории АО «Ильиногорское».

Почва характеризуется следующими агрохимическими показателями (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Агрохимическая характеристика почвы опытов № 5 и 6

Почва	рН <sub>KCl</sub>	Нг	S	T	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		мг-экв/100 г				мг/кг	
Дерново-подзолистая песчаная	4,7	2,3	9,4	11,7	80,3	38,5	51,0
Дерново-подзолистая среднесуглинистая	4,9	2,9	12,9	15,8	81,6	43,4	75,0

Таким образом, дерново-подзолистая песчаная почва характеризуется низкой степенью обеспеченности подвижными соединениями фосфора и калия, среднекислой реакцией среды, средней степенью насыщенности основаниями. Агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы можно охарактеризовать следующим образом: реакция среды – среднекислая, степень насыщенности основаниями – средняя, степень обеспеченности подвижными формами фосфора и калия – низкая.

Методы лабораторных исследований. Аналитические работы по диссертационной теме проводились в лаборатории кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА, где исследовались агрохимические показатели почвы и качество растительной продукции, а также в лаборатории Центра агрохимической службы «Нижегородский», где определяли содержание тяжелых металлов в органических удобрениях, почве и растениях.

Анализы почв проведены в соответствии с принятыми в современной лабораторной практике руководствами (Державин Л.М., Фрид А.С., Янишевский Ф.В., 1999). Определяли: рН обменной кислотности в 1н KCl потенциометрическим методом с использованием ионометра типа ЭВ – 74; гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу; подвижные формы фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО с последующим колориметрическим определением фосфора на ФЭК – 56 М, а калия – на пламенном фотометре FLAPHO – 4, гумус – по Тюрину в модификации Никитина. Валовое содержание тяжелых металлов – в 1 н HNO<sub>3</sub> при часовом кипячении, а их подвижные соединения – в аммонийно-ацетатном буфере с рН 4,8 методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на ААС – 30. Биологическую активность почв определяли следующими методами: интенсивность разложения целлюлозы – модифицированным методом Кристенсена, активность каталазы – методом Галстяна, активность инвертазы – методом Купревича и Щербаковой, нитрифицирующую способность почвы по Кравкову, дыхание почвы – методом Галстяна, общую токсичность – методом почвенной вытяжки.

В растительных образцах определяли основные питательные элементы из одной навески после «мокрого» озоления по методу Гинзбург и Щегловой: азот определяли путем отгонки аммиака по методу Кьельдаля, фосфор – по методу Мерфи и Райли на фотоэлектроколориметре КФК-2, калий на пламенном фотометре FLAPHO – 4, содержание клетчатки – по методу Кюршнера-Ганека в модификации Петербургского, содержание нитратов в продукции – по методу ЦИНАО с помощью ионоселективного электрода.

Математическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985), метода ранговой корреляции (Ивойлов А.В., 2000) и вариационной статистики (Дмитриев Е.А., 1972).

### **Глава 3. Характеристика системы очистки навозных стоков ОАО «Ильиногорское»**

Техногенная нагрузка на компоненты окружающей среды региона, вызванная функционированием крупных свинокомплексов, связана с поступлением в экосистему продуктов побочных воздействий производства и различного рода отходов. При этом наиболее значимыми факторами негативного влияния являются сброс стоков в водные объекты и утилизация большого количества отходов на почвах прилегающих территорий. Поскольку оба источника воздействия (сточные воды и органические отходы производства) на предприятиях подобного профиля образуются в ходе одного технологического процесса – очистки навозных стоков – целесообразным является детальный анализ данного процесса, а также оценка качественных и количественных характеристик очищенных сточных вод и отходов, так как это является одним из важнейших параметров, определяющих степень и глубину их негативного воздействия на природную среду.

#### **3.1. Оценка эффективности существующей в хозяйстве системы очистки стоков**

Технология гидросмыва навоза, обычно применяемая в России на крупных и средних животноводческих комплексах, приводит к ежегодному образованию очень больших объемов жидких навозных стоков с низким содержанием твердых веществ, утилизация которых во всем мире представляет большие трудности как технологического, так и экономического характера (Плященко С.И., 1989).

Как было показано выше, одним из возможных решений проблем, связанных с утилизацией этих разбавленных стоков, может быть применение комплексной технологии, включающей в себя первичное разделение навоза

на твердую и жидкую фракции, и затем раздельная обработка обеих фракций с использованием ряда физико-химических и биотехнологических методов. Твердую фракцию, как правило, в дальнейшем используют на удобрение, а жидкую – направляют в систему биологической очистки, основная цель которой – максимально снизить содержание химических соединений и уровень биологического загрязнения жидкой фракции бесподстилочного навоза, чтобы осуществить ее сброс либо на ирригационные поля утилизации, либо в поверхностные открытые водоемы.

Для обработки навозосодержащих стоков на многих крупных свиноводческих комплексах производительностью 54, 108, 216 тысяч голов свиней в год (в том числе и на рассматриваемом предприятии), используются очистные сооружения итальянской фирмы «Джи и Джи», предусматривающие биологическую обработку осветленного стока на аэротенках с турбинными механическими аэраторами и компостирование отделенной на динамических фильтрах твердой фракции. Так как оригинальный проект был предусмотрен для очистки хозяйственно-бытовых стоков, использование его для очистки навозосодержащих стоков на предприятии привело к необходимости модернизации проектного решения. В связи с этим в системе реконструкции была предусмотрена двухступенчатая схема биологической очистки, после внедрения которой, однако, была выявлена неудовлетворительная работа сооружений механической и биологической очистки (о чем свидетельствовало образование слоя осадка на дне аэротенка толщиной 90 см, а также усиленное пенообразование и дефицит растворенного кислорода).

Косвенным подтверждением этому могут служить показатели качества стоков до и после очистки (табл. 3.1).

Сточные воды характеризуются специфическими свойствами, которые серьезно осложняют их механическую и биологическую очистку. Все это приводит к тому, что механическая очистка гравитационными методами становится не эффективной из-за полидисперсной структуры взвешенных ве-

ществ и их слабой способности к агломерации ввиду повышенной электролитичности жидкой фазы, а также отсутствия четко выраженной фазовой границы. Для интенсификации работы аэротенков первой ступени в дальнейшем в схему дополнительно были введены вертикальные отстойники, а значительное количество образующегося осадка продиктовало решение его утилизации на полях многократного запахивания. Причем низкая эффективность работы сооружений второй ступени биологической очистки повлекла за собой строительство прудов-накопителей с использованием сточных вод на орошение полей.

Таблица 3.1

Усредненные показатели качества очистки навозных стоков  
в ОАО «Ильиногорское» до модернизации проекта

Наименование показателей, мг/л	Поступающие сточные воды	Смесь сточных вод после очистки	Планируемые показатели очистки
ХПК	20 000	500	50-60
БПК <sub>5</sub>	6 870	160	6-8
Взвешенные вещества	12 900	260	5-7
Азот в $\text{NH}_4^+$	840	255	40-50
Фосфор в $\text{P}_2\text{O}_5$	686	130	5-10

Кроме этого, учитывая опыт эксплуатации очистных сооружений технологии «Джи и Джи», в ОАО «Ильиногорское» предложена схема глубокого разделения стока на фракции с использованием в качестве аэраторов секционированных аэротенков-отстойников. Для их работы применяются судовые винты, под которые дополнительно подается сжатый воздух от воздуховодов. Применение эффективной системы аэрации позволило повысить физиологическую активность микроорганизмов с 6-11 мг ХПК/г·ч (в условиях технологии «Джи и Джи») до 28 мг ХПК/г·ч.

Существующие очистные сооружения работают по двухступенчатой схеме полной биологической очистки. На очистку подаются промышленные сточные воды от комбинатов № 1 и № 2 проектной мощностью по 54 тысячи голов скота каждый, от племфермы и хозяйственно-бытовые сточные воды от жилпоселка и вспомогательных производств. От комбинатов № 1 и № 2 поступает на очистку по 3 500 м<sup>3</sup>/сут, от племфермы – 500 м<sup>3</sup>/сут, количество хозяйственно-бытовых стоков составляет 2 000 м<sup>3</sup>/сут. Таким образом, общее количество стоков составляет 9 500 м<sup>3</sup>/сут. Учитывая, что проектная мощность очистных сооружений I<sup>ой</sup> ступени составляет 4 800 м<sup>3</sup>/сут, а II<sup>ой</sup> ступени – 6 500 м<sup>3</sup>/сут., следует отметить, что очистные сооружения ОАО «Ильиногорское» работают более чем с полуторной перегрузкой.

Производственные сточные воды от комбинатов № 1, 2 и племфермы, оборудованных гидросмывными устройствами удаления навоза из помещений, проходят первичную механическую очистку на дуговых ситах и вертикальных отстойниках. Выделенный на ситах осадок (крупная фракция) поступает в навозохранилище, а осадок из вертикальных отстойников перекачивается в илонакопитель. Осветленная жидкость подается на две группы аэротенков: шесть аэротенков емкостью по 1 600 м<sup>3</sup> и три аэротенка емкостью по 2 000 м<sup>3</sup>. Пять аэротенков первой группы оборудованы пневмомеханической системой аэрации, остальные – пневматической. Из вторичных вертикальных отстойников аэротенков первой группы активный ил подается на иловую площадку, а из встроенных вторичных горизонтальных отстойников аэротенков второй группы – в илонакопитель. Осветленные сточные воды совместно с дренажными водами поступают на вторую ступень биологической очистки, представленную двумя параллельными блоками сооружений, меньший из которых включает первичные и вторичные отстойники и три аэротенка емкостью по 1800 м<sup>3</sup>, а больший – первичные и вторичные отстойники, пять аэротенков с регенераторами емкостью по 650 м<sup>3</sup>, аэробные



сбраживатели и контактные резервуары. Активный ил из сбраживателей подается в илонакопитель, откуда вывозится на иловые поля.

Производственные сточные воды проходят полную биологическую очистку с обработкой избыточного активного ила в аэробных сбраживателях, после чего обеззараживаются хлором и часть стоков по мелиоративному каналу поступает в реку Юганец, далее через озеро Чиртово и Сеймовский затон – в реку Оку, а часть очищенных стоков поступает непосредственно в р. Оку. Схематичное изображение полной системы очистки сточных вод в ОАО «Ильиногорское» показано на рис. 2.

Сточные воды с комбинатов поступают по двум напорным коллекторам в насосные станции № 28 и № 38. Насосная станция № 28 принимает сточные воды от 1-го комбината и перекачивает их в корпус дуговых сит № 29. Насосная станция № 38 принимает стоки от 2-го комбината и племфермы и перекачивает сточные воды в корпус дуговых сит № 39. В корпусах дуговых сит происходит механическая очистка стоков, из них отделяется крупная фракция взвешенных веществ (навоза) и, обезнавоженными, стоки перекачиваются в здание вертикальных отстойников. Навоз самосвалами ЗИЛ-130 круглосуточно вывозится в навозохранилище.

В здании вертикальных отстойников стоки также проходят механическую очистку, отделяется более мелкая фракция взвешенных веществ (осадок), которая перекачивается на каскад иловых карт.

Каскад иловых карт состоит из 12 емкостей, в которых осадок накапливается и отстаивается по мере уплотнения осадка. Осветленная, отстоявшаяся вода перекачивается на биологическую очистку, а осадок в процессе чистки карты вывозится в компостохранилище. Здесь осадок смешивается с опилками, торфом и остается до созревания компоста. Из железобетонной емкости насосом, установленным в корпусе дуговых сит № 39, сточная вода перекачивается в радиальные отстойники № 14«а», № 14«б», где продолжается осветление сточных вод. Из радиальных отстойников осветленная вода поступа-

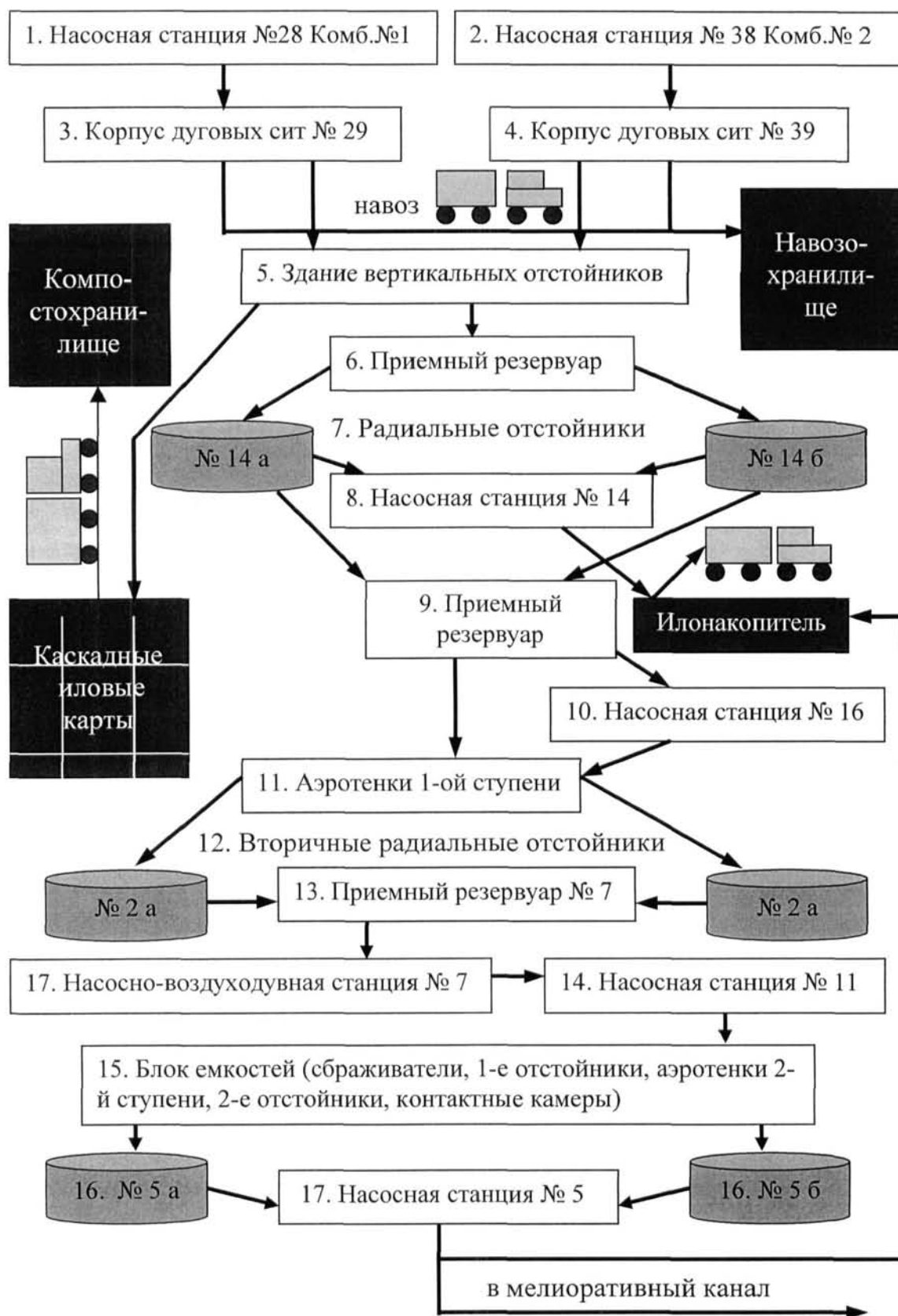


Рис. 2. Схема технологического процесса очистки стоков в ОАО «Ильиногорское»

ет в приемный резервуар насосной станции № 16, а осадок, выпавший в радиальных отстойниках, перекачивается насосами, установленными в насосной станции № 14, в илонакопитель.

Насосная станция № 16 перекачивает стоки на 1<sup>ую</sup> ступень биологической очистки – аэротенки. Здесь происходит смешивание осветленных сточных вод с активным илом (сообществом микроорганизмов). В результате биологических процессов в аэротенке происходит биологическая очистка сточных вод. Далее иловая смесь поступает во вторичные радиальные отстойники № 2 «а», № 2 «б», где разделяется на частично очищенную сточную воду и активный ил. Частично очищенная сточная вода перекачивается насосно-воздуходувной станцией № 7 на вторую ступень биологической очистки (приемный резервуар насосной станции № 11), а активный ил эрлифтами подается в аэротенк. Насосная воздуходувная станция № 7 служит для перекачки частично очищенной воды, обеспечения кислородом активного ила (поддержание жизнедеятельности микроорганизмов), для перекачки избыточного активного ила и опорожнения сооружений первой ступени биологической очистки при выходе их в ремонт. Насосная станция № 11, принимая частично очищенные воды, подает их на блок емкостей, включающий в себя сбразиватели, первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники, контактные камеры. Она служит для перекачки частично очищенных сточных вод в блок емкостей и подачи очищенных сточных вод на доочистку в радиальные отстойники № 5 «а», № 5 «б», для перекачки осветленной воды с каскадов на очистку, для выгрузки осадка из песколовков на очистных сооружениях для хозяйственно-бытовых стоков, а также для выгрузки сброженного осадка из сбразивателей.

В блоке емкостей частично очищенная вода проходит биологическую очистку второй ступени технологической схемы очистки промышленных сточных вод. Здесь же (в контактных камерах) происходит контакт с хлором, вследствие чего очищенная вода обеззараживается. Далее очищенная вода

перекачивается насосной станцией № 11 на отстойники № 5«а», № 5«б». Проходя доочистку, очищенная и обеззараженная вода сбрасывается в мелиоративный канал, а осадок из отстойников перекачивается насосом, установленным в насосной станции № 5, в илонакопитель.

*Таким образом, в ходе технологического процесса образуется три вида органических отходов: твердый свиной навоз (крупная фракция, отделенная на дуговых ситах), жидкий свиной навоз (осадок, снятый на вертикальных отстойниках) и активный ил, образующийся на этапе биологической очистки в аэротенках. Каждый из образующихся видов удобрений и соответствующий ему надосадок подвергается анализу по качественным показателям, который проводится на каждом этапе очистки. Изменение основных показателей в осветленных водах стоков (надосадок) на разных стадиях технологической схемы очистки представлено на рисунке 3, а эффективность очистки в целом – в таблице 3.2 (для сводного анализа использованы первичные данные Объединенной химической лаборатории ОАО «Илиногорское»).*

Механическая очистка в корпусах дуговых сит № 29 и № 39 приводит к уменьшению содержания взвешенных веществ в фильтрате (на 35 %), химического потребления кислорода (ХПК) – на 60 %, биохимического поглощения кислорода (БПК<sub>п</sub>) – на 49 % по сравнению с их содержанием в производственном стоке. Количество солевого аммония и фосфатов увеличивается на 32,4 % и 31,3 % соответственно, что объясняется постепенным разложением органического вещества. Содержание растворимого калия остается на прежнем уровне.

В здании вертикальных отстойников механическая очистка животноводческих соков продолжается, что приводит к уменьшению содержания взвешенных веществ на этом этапе на 73 % (или 47 % по сравнению с первоначальным значением). Также наблюдается снижение ХПК – на 80 %, БПК<sub>п</sub> – на 84 %, NH<sub>4</sub> – на 61 %, фосфора – на 56 %, калия – на 20 %, что

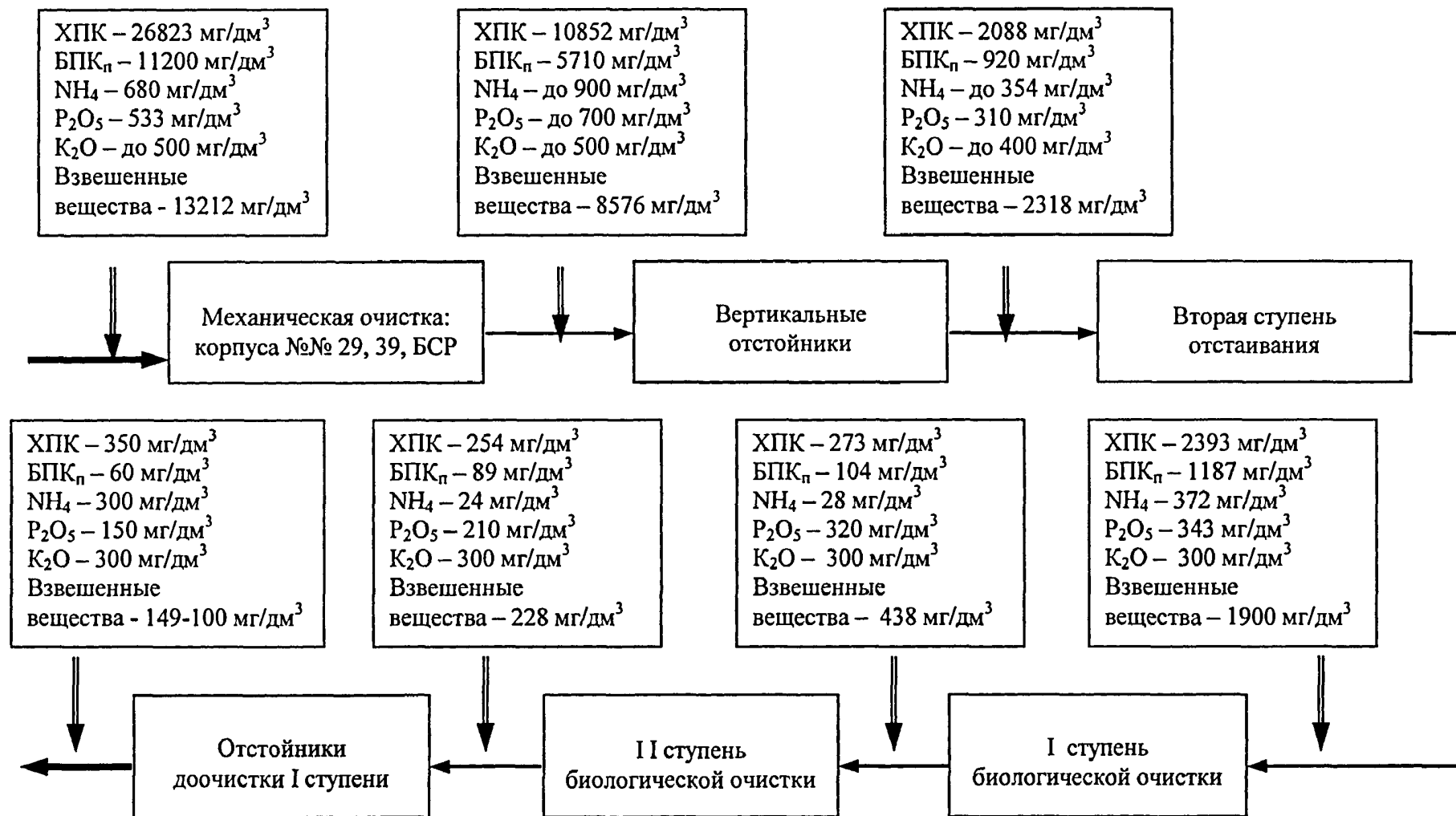


Рис. 3. Количественная характеристика основных показателей жидкой фракции стока на разных этапах очистки

Таблица 3.2

## Оценка этапов очистки навозных стоков

Параметры очистки	Механическая очистка		Биологическая очистка – I ступень		Биологическая очистка – II ступень		Доочистка		В сумме по этапам, %
	Снижение <sup>*)</sup> мг/л	% к исходно му содержа нию <sup>**)</sup>	Снижение <sup>*)</sup> , мг/л	% к исходно му содержа нию <sup>**)</sup>	Снижение <sup>*)</sup> , мг/л	% к исходно му содержа нию <sup>**)</sup>	Снижение <sup>*)</sup> , мг/л	% к исходно му содержа нию <sup>**)</sup>	
Взвешенные вещества	11 312	85	1 462	11	210	2,0	128	1,0	99
ХПК	24 430	91	2 120	8	19	0,1	-96	-0,4	99
БПК <sub>п</sub>	10 013	89	1 083	10	15	0,1	29	0,3	99
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	308	45	344	51	4	1,0	-276	-41,0	56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	190	36	23	4	110	21,0	60	11,0	72
K <sub>2</sub> O	200	40	0	0	0	0,0	0	0,0	40

<sup>\*)</sup> – разница между двумя соседними этапами (ступенями) очистки;

<sup>\*\*)</sup> – содержание показателей производственного стока (на входе в очистные сооружения)

составляет по отношению к значению этих показателей на входе (сток промкомбинатов) 52, 41, 48, 42 и 20 % соответственно.

В радиальных отстойниках (заклучительный этап механической очистки) наблюдается увеличение содержания ХПК, БПК<sub>п</sub>, солевого аммония и фосфора, но снижение содержания калия и взвешенных частиц. Причиной повышения содержания биофильных элементов и интенсификации химических процессов, по всей видимости, является активное разложение органического вещества навозных стоков. При этом ХПК возрастает на 15 %, БПК<sub>п</sub> – на 29 %, содержание солевого аммония – на 5 %, а содержание фосфора – на 11 % по сравнению с производственным стоком. Единственный показатель, неуклонно снижающийся от этапа к этапу очистки – содержание калия. Это связано с тем, что содержание калия в органическом веществе ничтожно мало, и он постепенно включается в состав тел микроорганизмов. Снижение калия отмечено на 25 %.

*Таким образом, механический этап позволяет добиться следующих показателей очистки: содержание взвешенных веществ уменьшается на 85 %, солевого аммония - на 45 %, фосфора – на 36 %, калия – на 40 %, ХПК – на 91 %, БПК<sub>п</sub> – на 89 % от значения соответствующих показателей в исходных навозных стоках.*

После механической очистки осветленные стоки попадают в аэротенки. Тенденция снижения анализируемых показателей в ходе биологического этапа очистки сохраняется, за исключением калия, содержание которого остается неизменным. При этом на первой ступени из всех определяемых параметров существенно снижается содержание солевого аммония – на 51 %, а на второй – содержание фосфора (уменьшение составило 21 %). Однако итоговое снижение количественных показателей осветленного стока после прохождения биологического этапа очистки существенно уступает аналогичным показателям механической очистки. Так, содержание взвешенных веществ после очистки в системе аэротенков уменьшается лишь на 13 %, ХПК снижа-

ется на 8 %, а БПК – на 10 %, что в 6,7, 11,4 и 9,1 раза ниже аналогичных показателей механического этапа очистки.

Таким образом, на первый взгляд, полученные данные свидетельствуют о низкой эффективности биологической ступени очистки. Однако не стоит забывать, что от этапа к этапу в очищаемых стоках снижается концентрация загрязняющих веществ и, в конечном итоге, в растворе остаются все более трудноудаляемые и трудно окисляемые вещества. Поэтому судить об эффективности работы аэротенков по отношению к показателям входящего, неочищенного стока, отчасти не совсем корректно.

В таблице 3.3 приведена сравнительная оценка работы аэротенков по отношению к значениям показателей механически очищенного стока. Сопоставляя суммарный уровень снижения определяемых параметров в жидкой фазе стока за период прохождения механического и биологического этапов очистки, следует отметить их равноценность, за исключением показателя содержания солевого аммония, преимущество в утилизации которого, бесспорно, принадлежит микробиологическому сообществу. После очистки в системе аэротенков уменьшение содержания  $\text{NH}_4^+$  в осветленных стоках составило 93 %, что в 2,1 раза выше аналогичного суммарного показателя стока после механической очистки.

Сравнивая работу двух ступеней биологической очистки между собой, нужно отметить низкую эффективность второго этапа. После очистки в аэротенках второй ступени итоговое снижение таких показателей, как содержание взвешенных веществ, БПК<sub>п</sub>, солевого аммония и ХПК в 70-110 раз ниже, чем уровень их снижения после прохождения первого этапа биологической очистки. Возможно, это связано с поступлением на второй этап биологической очистки трудно окисляемых биологических веществ, находящихся в осветленных стоках, или вырождением (неправильным подбором) активного ила. Однако следует отметить существенную эффективность второй ступени



в утилизации фосфорсодержащих соединений: преимущество в эффективности очистки по данному показателю составило 378 %.

Таблица 3.3

Эффективность работы биологического этапа очистки

Параметры очистки	Биологическая очистка – I ступень		Биологическая очистка – II ступень		В сумме по этапам, %
	Снижение <sup>*)</sup> , мг/л	% к исходному содержанию <sup>**)</sup>	Снижение <sup>*)</sup> , мг/л	% к исходному содержанию <sup>**)</sup>	
Взвешенные вещества	1 462	77	210	11	88
ХПК	2 120	89	19	1	90
БПК <sub>п</sub>	1 083	91	15	1	92
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	344	92	4	1	93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	7	110	32	39
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0

<sup>\*)</sup> – разница между двумя соседними этапами (ступенями) очистки;

<sup>\*\*)</sup> – содержание показателей производственного стока (после механической очистки)

Считается, что при механическом способе аэрации степень очистки жидкой фракции, полученной на выходе с аэротенков второй ступени, должна достигать по содержанию взвешенных веществ 120 мг/л, по ХПК – 300 мг/л, БПК<sub>п</sub> – 70 мг/л, аммонийного азота – 60 мг/л, фосфора – 90 мг/л и калия – 210 мг/л (Сборник методических ..., 1998). Если ориентироваться на данные показатели, то можно говорить о том, что *биологический этап очистки данных очистных сооружений обеспечивает снижение показателей содержания лишь аммонийного азота, ХПК и БПК<sub>п</sub>, а по остальным рассматриваемым параметрам очистка неудовлетворительна. Так, содержание фосфора в выходящем стоке выше предложенных параметров на 130 %, калия – на 40 %, а взвешенных веществ – на 90 %.*

В системе существующих очистных сооружений хозяйства предусмотрен этап доочистки сточных вод, целью которого является дезинфекция стоков. После доочистки в отстойниках 5а и 5б наблюдается снижение содержания фосфора с 210 до 150 мг/л (на 29 %), БПК<sub>п</sub> с 89 до 60 мг/л (на 33 %) и взвешенных веществ (на 35-56 %) по сравнению с содержанием показателей в фильтрате второй ступени биологической очистки. При этом содержание солевого аммония увеличивается в 12,5 раза, ХПК – на 38 %, что косвенно может свидетельствовать о продолжающемся окислении органических веществ в отстойниках доочистки первой ступени.

*Таким образом, в сумме по этапам итоговое снижение содержания взвешенных веществ, ХПК и БПК<sub>п</sub> составило 99 %, солевого аммония – 56 %, фосфора – 72 %, калия – 40 %. При этом низкая эффективность очистки по калию не вызывает серьезных опасений, так как уровень содержания данного элемента в окружающей среде достаточно низкий и в большинстве случаев биотические сообщества испытывают дефицит по этому элементу питания. В то же время снижение уровня содержания фосфора лишь на 72 % является крайне недостаточным.*

Обобщенные данные аналитического контроля за содержанием загрязняющих веществ в очищенных и неочищенных стоках представлены в таблице 3.4.

В качестве статистических показателей, характеризующих эффективность очистки в целом, использовали коэффициент, представляющий собой сумму отношений концентраций загрязнителя на входе в очистные сооружения и на выходе из них. В 2000 году коэффициент эффективности очистки составил 416, в 2001 – 517, а в 2002 году – 651 единицу. Таким образом, за рассматриваемый промежуток времени отмечена тенденция увеличения степени очистки стоков. Данные свидетельствуют, что указанная тенденция в основном обусловлена возрастанием отношений концентраций аммонийного азота, а также показателей БПК<sub>5</sub> и ХПК на входе и на выходе.

Таблица 3.4

Обобщенные данные аналитического контроля  
по сбросу загрязняющих веществ в открытый водоем  
после очистных сооружений ОАО «Ильиногорское» за 2000-2002 г.г.

№ п/п	Ингредиенты	2000 г.		2001 г.		2002 г.		р.Юганец		р.Ока
		вход	выход	вход	выход	вход	выход	ВВС, мг/дм <sup>3</sup>	ПДС, мг/дм <sup>3</sup>	ПДС, мг/дм <sup>3</sup>
1.	Азот аммонийный /N	552	25	455	7,6	671	5	67	0,8	100
2.	Азот нитратный /N	-	12,1	-	75,8	-	113,5	-	44,8	96
3.	Азот нитритный /N	-	0,18	-	0,14	-	0,10	0,249	0,067	0,11
4.	рН	8,0	7,05	7,7	6,5	7,8	6,5	-	-	-
5.	Взвешенные вещества	12637	93,63	12534	92,6	11528	113,7	100	24,7	105
6.	Сухой остаток	3023	1013,9	3132	999	3525	1037	-	1094	1000
7.	Фосфаты /P	181,2	33,8	196	34,6	197,5	33,4	33	0,9	35
8.	Хлориды	153	83,5	152	89,7	175	85,2	-	100	85
9.	БПК <sub>5</sub>	6948	51,9	7426	43,7	10202	42,8	49	2,57	45
10.	ХПК	22130	191,95	20276	143	20954	127,5	145	20	150
11.	Сульфаты	275	188,4	198	159	195	119	130	106	164

Следует отметить, что уменьшение содержания  $\text{NH}_4$  на выходе из очистных сооружений сопровождается значительным увеличением концентрации нитратов в очищенных стоках, что вряд ли корректно считать повышением эффективности очистки. Поскольку данные по содержанию нитратов на входе в очистные сооружения отсутствуют (определение не предусмотрено программой мониторинга), не представляется возможным оценить изменение их концентрации в ходе очистки. В связи с этим, при расчете вышеуказанного коэффициента целесообразно изменение концентрации азотсодержащих соединений исключить из внимания. При таком подходе значение коэффициента очистки составляет: в 2000 году – 395,4, в 2001 – 458,7, а в 2002 – 517,0 единиц.

Увеличение эффективности очистки в отношении величин ХПК и БПК<sub>5</sub> вероятно связано с увеличением их входных концентраций, так как способность микроорганизмов к разложению органического вещества, как правило, интенсивнее проявляется на фоне более высоких начальных концентраций последнего. В целом, несмотря на отмеченную тенденцию увеличения степени эффективности очистки, стоки, сбрасываемые в р. Юганец, по всем ингредиентам (за исключением хлоридов) превышают предельно-допустимые значения. Так, даже при минимальной концентрации аммонийного азота в очищенных стоках, отмечающейся в 2002 году, значение ПДС было превышено в 6 раз. Фактический выброс легко- и трудноокисляемых органических соединений, определяемый по величине БПК<sub>5</sub> и ХПК, выше, чем предельно допустимый в среднем за 2000-20002 гг. в 18,0 и 7,7 раза соответственно. При подобном превышении установленных значений нормативных сбросов следует ожидать резкого ухудшения санитарно-гигиенической обстановки в р. Юганец.

В концентрации примесей, сбрасываемых в р. Оку, значительных отклонений от величины ПДВ не обнаружено.

### 3.2. Качественный состав органических отходов, получаемых на разных стадиях очистки навозосодержащих стоков

Наиболее распространенным способом обращения с органическими отходами свинокомплексов является их утилизация на почвах прилегающих территорий в качестве органических удобрений. При этом возможности использования определяются их химическими, токсикологическими, технологическими и другими характеристиками.

Органические удобрения приобретают все большее значение в повышении плодородия почв и получении урожаев сельскохозяйственных культур. Исконно на Руси в земледелии широко использовался подстилочный навоз. В монастырских имениях Нижегородской губернии он применяется с 1590 года (Нарциссов В.П., 1960).

Однако в последние десятилетия не менее широкое распространение получил и бесподстилочный навоз от разных видов скота и птицы. По способам получения, физико-химическим, микробиологическим и гигиеническим свойствам он существенно отличается от подстилочного (твердого) навоза. Питательные вещества в бесподстилочном навозе находятся в более доступной форме, поэтому прямое его действие на растения и почву часто выше, чем действие подстилочного (Балахонов С.И., 1968; Семенов П.Я., 1974, 1978; Балахонов С.И. и др., 1976; Третьяков Н.И., Гусев Г.С., Осипова Е.Ф., 1978; Захаров В.Н., 1981; Бачило Н.Г., 1996; Белоус Н.М., 1996 и др.).

Так, по данным В.М. Новикова, В.И. Дмитриевой, В.А. Поляниной (1975), полученных в условиях Белгородской области, жидкие стоки с ферм при внесении их в дозе до 700 м<sup>3</sup> повышали урожай сельскохозяйственных культур в 1,5-2,0 раза. Высокая эффективность жидких стоков установлена в Московской области на дерново-подзолистых почвах (Дмитриева В.И., Лапшина Н.А., 1975), где урожайность зеленой массы многолетних трав при орошении их стоками составила 550 ц/га. Положительные результаты при

применении жидких форм навоза были получены и другими исследователями (Балахонов С.И., 1971; Артюшин А.М. и др., 1973; Бацанов И.Н., Лукьяненко И.И., 1977; Новиков В.М., Дмитриева В.И., Полянина В.А., 1975; Белкин В.В., 1983; Короткова В.И., 1983; Михайлина В.И., 1986; Хохлов В.И., 1987; Новиков М.Н., Хохлов В.И., Рябков В.В., 1989; Сагандыков Н.М., 1990; Титова В.И., Шафронов О.Д., Седов Л.К., 1996 и мн. др.).

Однако разные виды жидкого навоза неравноценны между собой. Жидкий навоз свиней, например, существенно отличается от жидкого навоза крупного рогатого скота. Из литературных источников известно, что при одинаковой влажности он содержит больше органического вещества, в 1,2-1,5 раза больше азота, более чем в 2 раза фосфора, но почти в 2 раза меньше калия (Семенов П.Я., 1974; Васильев В.А., Полунин С.Ф., 1976; Лукьяненко И.И., 1982; ОСТ 10 109-88; ОСТ 10-118-96).

Некоторые из исследователей рекомендуют вносить органические удобрения, получаемые на крупных фермах промышленного свиноводства и птицеводства, под пропашные культуры и многолетние травы (Семенов П.Я. и др., 1981; Бондарева А.Ф., 1983; Сагандыков Н.М., 1987; Серебренников А.М. и др., 1987; Тарасов С.И., Кумеркина Н.А., 1996). Однако много работ проведено и по изучению влияния их на урожай зерновых культур (Третьяков Н.И. и др., 1978; Лыков А.М. и др., 1982; Чуканов В.И., 1984; Бачило Н.Г., Нестеренко В.Н., 1991; Рекомендации по высокоэффективному использованию ..., 1991; Бачило Н.Г., Карягина Л.А., Михайловская Н.А., 1985; Бачило Н.Г., 1996).

Но большинство авторов сходятся во мнении, что подобные органические удобрения следует использовать под кормовые культуры, как традиционные, так и малораспространенные и активно вводимые в сельскохозяйственное производство. Таковыми в наших исследованиях, в соответствии с рекомендациями П.Ф. Медведева, А.И. Сметанниковой (1981), а также Департамента сельского хозяйства и земельной реформы Нижегородской об-

ласти (Концепция развития кормопроизводства ..., 1995), являются вико-овсяная смесь, кукуруза, озимая рожь на зеленый корм и на зерно, амарант, а также рапонтник сафлоровидный (левзея сафлоровидная).

Технология внесения, сроки, дозы и в конечном итоге эффективность использования применяемых органических мелиорантов зависят от их вида, химического состава и биологических особенностей культур. Состав и содержание в органических удобрениях органического вещества и питательных элементов, а также непосредственное количество удобрений, определяется, в свою очередь, подготовкой и хранением самих удобрений, способом содержания животных, их половозрастной характеристикой, типом кормления, видом и составом кормов.

*В ОАО «Ильиногорское» применяется гидравлическая система удаления навоза, который в дальнейшем поступает на очистные сооружения. В ходе технологического процесса очищения животноводческих стоков образуется три вида органических удобрений:*

- *твердый свиной навоз (ТСН) – осадок дуговых сит;*
- *жидкий свиной навоз (ЖСН) – осадок механического этапа очистки;*
- *активный ил – результат разрастания микроорганизмов в аэротенках.*

Анализируя динамику накопления удобрений по годам (табл. 3.5) можно выявить следующие изменения.

*К 2002 г. общее накопление удобрений и насыщенность ими почв хозяйства возросли в 1,6 раза по сравнению с 1996 г. и в 1,2 раза по сравнению с 1999 г., что связано с увеличением поголовья свиней.*

При этом на фоне неизменного количества твердого свиного навоза (5 % от общей массы органических удобрений), доля содержания активного ила резко снизилась (с 55 % в 1996 г. до 10 % в 2002 г.), а выход жидкого свиного навоза увеличился с 43 % до 85 %. *В среднем на один гектар угодий приходится 241,1 кг/га азота, 271,3 кг/га фосфора и 94,1 кг/га калия.*

Таблица 3.5

## Общее накопление и насыщенность органическими удобрениями

Вид удобре- ния	Общее накопле- ние, т	Насыщенность				Соотноше- ние элемен- тов питания
		в физиче- ской массе, т/га	в том числе элементами питания, кг/га			
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1996 г.						
ТСН	12 370	8,5	20,4	23,8	14,5	1 : 1,2 : 0,7
ЖСН	116 800	80,6	72,5	96,7	32,2	1 : 1,3 : 0,4
Ил	156 950	108,2	97,4	43,3	21,6	1 : 0,4 : 0,2
Всего	286 120	197,3	190,3	193,8	68,3	1 : 0,9 : 0,4
1999 г.						
ТСН	16 425	10,3	28,8	34,0	11,3	1 : 1,2 : 0,4
ЖСН	146 730	91,7	64,2	91,7	55,0	1 : 1,4 : 0,9
Ил	220 095	137,6	137,6	96,3	55,0	1 : 0,7 : 0,4
Всего	383 250	239,6	230,6	222,0	161,3	1 : 1,0 : 0,7
2002 г.						
ТСН	20 000	11,1	40,0	43,3	5,6	1 : 1,1 : 0,1
ЖСН	400 000	221,6	243,8	376,7	44,3	1 : 1,5 : 0,2
Ил	48 000	26,6	18,6	8,0	2,7	1 : 0,4 : 0,1
Всего	468 000	259,3	302,4	428,0	52,6	1 : 1,4 : 0,2
В среднем за период 1996-2002 гг.		232,1	241,1	271,3	94,1	1 : 1,1 : 0,4

Представленная в таблицах 3.6 и 3.7 динамика содержания биофильных элементов по годам свидетельствует о снижении содержания калия в удобрениях и увеличении в них содержания фосфора.

В конечном итоге данный факт, наряду с перераспределением долей участия различных видов органических удобрений в их общей массе (итоговое соотношение биогенных элементов составило N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O как 1 : 1,1 :



0,4), является причиной существующего дисбаланса элементов питания в почвах хозяйства.

Таблица 3.6

Содержание основных элементов питания в свином навозе, %

Вид удобрений	Содержа- ние сухого вещества	На сухое вещество			На естественную влажность		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1996 г.							
ТСН	28,4	0,85	0,99	0,60	0,24	0,28	0,17
ЖСН	5,1	1,76	2,35	0,78	0,09	0,12	0,04
Ил	1,3	6,72	2,99	1,49	0,09	0,04	0,02
1999 г.							
ТСН	30,2	0,93	1,09	0,36	0,28	0,33	0,11
ЖСН	5,5	1,27	1,82	1,09	0,07	0,10	0,06
Ил	2,5	4,00	2,80	1,60	0,10	0,07	0,04
2002 г.							
ТСН	31,3	1,15	1,25	0,15	0,36	0,39	0,05
ЖСН	6,6	1,67	2,52	0,32	0,11	0,17	0,02
Ил	1,1	6,90	3,27	0,64	0,07	0,03	0,01
ОСТ 10-118-96 (для ЖСН)	3-8	2,17	1,50	1,17	0,13	0,09	0,07

Сопоставляя показатели отраслевого стандарта для бесподстилочного жидкого свиного навоза с имеющимися данными, можно отметить, что количество азота в удобрении сопоставимо с приведенным нормативом, содержание калия в анализируемом удобрении ниже в 3,7 раза, а фосфора – выше в 1,6 раза. Естественно, что низкое содержание калия неминуемо скажется на уровне продуктивности возделываемых в хозяйстве культур, в результате чего следует рекомендовать (наряду с применением имеющихся органических удобрений) внесение минеральных калийных туков.

Таблица 3.7

## Динамика качественного состава свиного навоза ОАО «Ильиногорское»

Вид удобрений	Показатели	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
содержание на естественную влажность				
ТСН	M ± m	0,29 ± 0,04	0,33 ± 0,04	0,11 ± 0,04
	V, %	21	17	55
ЖСН	M ± m	0,09 ± 0,01	0,13 ± 0,03	0,04 ± 0,01
	V, %	22	28	50
Ил	M ± m	0,09 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,02 ± 0,01
	V, %	18	42	79
ОСТ 10-118-96 (для ЖСН)		0,13	0,09	0,07
содержание в пересчете на сухое вещество				
ТСН	M ± m	1,15 ± 0,11	1,11 ± 0,10	0,37 ± 0,16
	V, %	16	12	61
ЖСН	M ± m	1,57 ± 0,18	2,23 ± 0,26	0,73 ± 0,27
	V, %	17	16	53
Ил	M ± m	5,87 ± 1,15	3,02 ± 0,17	1,24 ± 0,36
	V, %	28	8	42
ОСТ 10-118-96 (для ЖСН)		2,17	1,50	1,17

Примечание: М – среднее арифметическое выборки;  
 m – ошибка выборочной средней;  
 V – коэффициент вариации.

В свою очередь, повышенное содержание фосфора в удобрении, вкуче с общеизвестной способностью фосфатных соединений к повышенному химическому закреплению в почве, предопределяет как его накопление в пахотном слое, так и возможность вертикальной и горизонтальной (в составе твердой фазы почвы) миграции, что, в свою очередь, может вызвать эффект зафосфачивания.

Экологическая безопасность применения органических удобрений определяется содержанием в них ксенобиотиков (в т.ч. тяжелых металлов), уровень содержания которых не должен превышать нормативы их содержания в почве (Пономарева Л.В. и др., 1996; Справочная книга..., 2001). Данные по содержанию ТМ в свином навозе представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8

Содержание тяжелых металлов в жидком свином навозе, мг/кг

Год взятия образца	На естественную влажность				На сухое вещество			
	Pb	Cd	Zn	Ni	Pb	Cd	Zn	Ni
1996	1,4	0,01	5,6	1,3	27,5	0,19	109,8	25,5
1999	1,7	0,01	5,6	1,3	30,9	0,18	101,8	23,6
2002	1,8	0,02	6,3	1,5	27,3	0,30	95,5	22,7
<i>ОСТ<sup>*)</sup></i>					<i>130</i>	<i>2,0</i>	<i>220</i>	<i>-</i>
<i>Нормативы<sup>**)</sup></i>					<i>32</i>	<i>0,5</i>	<i>55</i>	<i>20</i>

<sup>\*)</sup> – ОСТ 10-118-96 для жидкого свиного бесподстильного навоза

<sup>\*\*)</sup> – ПДК содержания тяжелых металлов в почве

Единственным элементом, по которому наблюдается превышение содержания уровня ПДК почти в 2 раза, является цинк. Вероятное объяснение данного факта кроется в особенности формирования пищевого рациона свиной хозяйства. Для приготовления кормов в ОАО «Ильиногорское» активно используются различные микроэлементные добавки – премиксы, которые увеличивают сохранность животных, снижают расход кормов и повышают привесы (Приложение 3). В готовом корме с использованием таких добавок содержание цинка колеблется от 0,3 до 0,8 мг/кг, в зависимости от возрастной структуры поголовья. Учитывая низкую усвояемость тяжелых металлов животным организмом, в экскрементах может обнаруживаться до 90 % от общего количества поступивших с кормом поллютантов.

Однако если рассматривать содержание тяжелых металлов в свином навозе относительно данных, предложенных отраслевым стандартом, где ПДК для цинка в 4 раза выше почвенного норматива, то можно говорить о безопасности данного вида органического удобрения по рассматриваемым показателям.

Не менее значимым показателем оценки безопасности использования свиного навоза в сельскохозяйственном производстве является определение суммарного количества тяжелых металлов, поступающих в почву при его утилизации. Результаты расчета количественной доли ТМ, поступление которых в почву обусловлено свиным навозом, приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9

Поступление ТМ в почву со среднегодовой нормой свиного навоза

Показатели	Pb	Cd	Zn	Ni
1. Внесено со среднегодовой нормой 200 т/га, г	340	3,0	1160	280
2. Поступление в сумме за 25 лет, мг на 1 кг почвы	2,83	0,025	9,67	2,33

Они свидетельствуют, что за 25 лет функционирования комплекса внесение свиного навоза в почву обеспечило 57 % запаса валовых форм свинца, 41 % валового содержания цинка, 54 % содержания никеля и около 60 % содержания кадмия.

## **Глава 4. Влияние предприятия на гидрологическую составляющую экосистемы**

### **4.1. Характеристика поверхностных и грунтовых вод на территории свинокомплекса**

Анализ эффективности работы системы очистных сооружений свинокомплекса и динамики образования отходов, представленный выше, позволяет предположить, что гидрологическая составляющая региональной экосистемы может испытывать мощное негативное воздействие. Сброс недостаточно очищенных сточных вод в р. Юганец, а также возможное поступление экотоксикантов с поверхностным стоком, будут нарушать санитарно-гигиеническую обстановку в водоеме. Утилизация же больших объемов органических отходов свинокомплекса на ограниченных земельных площадях может привести к попаданию загрязнителей в грунтовые воды. В таких условиях актуальной является оценка влияния деятельности предприятия на качество подземных и поверхностных вод, основанная на многолетних данных регионального и локального экологического мониторинга состояния водных источников.

Для оценки влияния функционирования рассматриваемого предприятия на геолого-гидрологическую обстановку территории и качественный состав подземных и поверхностных вод автором использованы первичные материалы из фондов службы экологического мониторинга ОАО «Ильингорское» и территориального центра государственного мониторинга недр ФГУГП «Волгагеология», обобщенные в соответствии с целями и программой исследований.

#### 4.1.1. Геолого-гидрологические условия

Гидрологические условия данного участка определяются геологическим строением, морфологией современного и дочетвертичного рельефа, физико-географическими условиями (Посохов Е.В., 1965). В геоморфологическом отношении этот участок представляет собой пойму и надпойменные террасы реки Оки и ее левых притоков – реки Клязьмы и реки Юганец. В геологическом строении принимают участие отложения пермской и четвертичной систем. В целом подземные воды Ильиногорского месторождения подземных вод изучены до глубины 53,0 м (рис. 4).

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения ОАО «Ильиногорское» используются подземные воды первого от поверхности водоносного четвертичного аллювиального горизонта, который представлен кварцевыми песками мелко- и среднезернистыми с небольшими по мощности прослоями и линзами супесей, суглинков и глин. Мощность аллювиальных отложений изменяется от 15 до 25 м. Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт безнапорный, не защищен с поверхности от проникновения загрязнения (Позднякова А.И., 1999). Коэффициент фильтрации песков изменяется от 1,6 до 27,4 м/сут. Глубина залегания зеркала грунтовых вод колеблется в зависимости от форм рельефа и производительности водозабора и изменяется в естественных условиях от нескольких долей метра до 7,0 м, а в центре депрессионной воронки в 2001 г. на водозаборе первой очереди до – 8,20 м (наблюдательная скважина № 1) (рис. 5). По химическому составу подземные воды водоносного четвертичного аллювиального горизонта гидрокарбонатные кальциевые и сульфатные кальциевые с минерализацией от 0,1 до 0,6 г/дм<sup>3</sup> и повышенным содержанием железа (до 15,2 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 6).

На Ильиногорском месторождении в породах четвертичного возраста местами расположены болотные отложения, которые залегают с поверхности и представлены торфяниками с прослоями песка, супесей и суглинков.

- Условные обозначения:
- <sup>6</sup> – наблюдательная скважина, ее номер
  - 15 – эксплуатационная скважина, ее номер
  - 16 ⊙ 17 – куст наблюдательных скважин, их номера
  - ▭ – границы водозаборов
  - – граница III пояса зоны санитарной охраны
  - I—I – линия геолого-гидрологического разреза
  - – источники загрязнения
  - ① – I<sup>ая</sup> площадка свиногокомплекса
  - ② – II<sup>ая</sup> площадка свиногокомплекса
  - ③ – площадка складирования навоза
  - ④ – очистные сооружения
  - ⑤ – котельная
  - ⑥ – племферма
  - ⑦ – мелиоративный канал
  - – поля утилизации

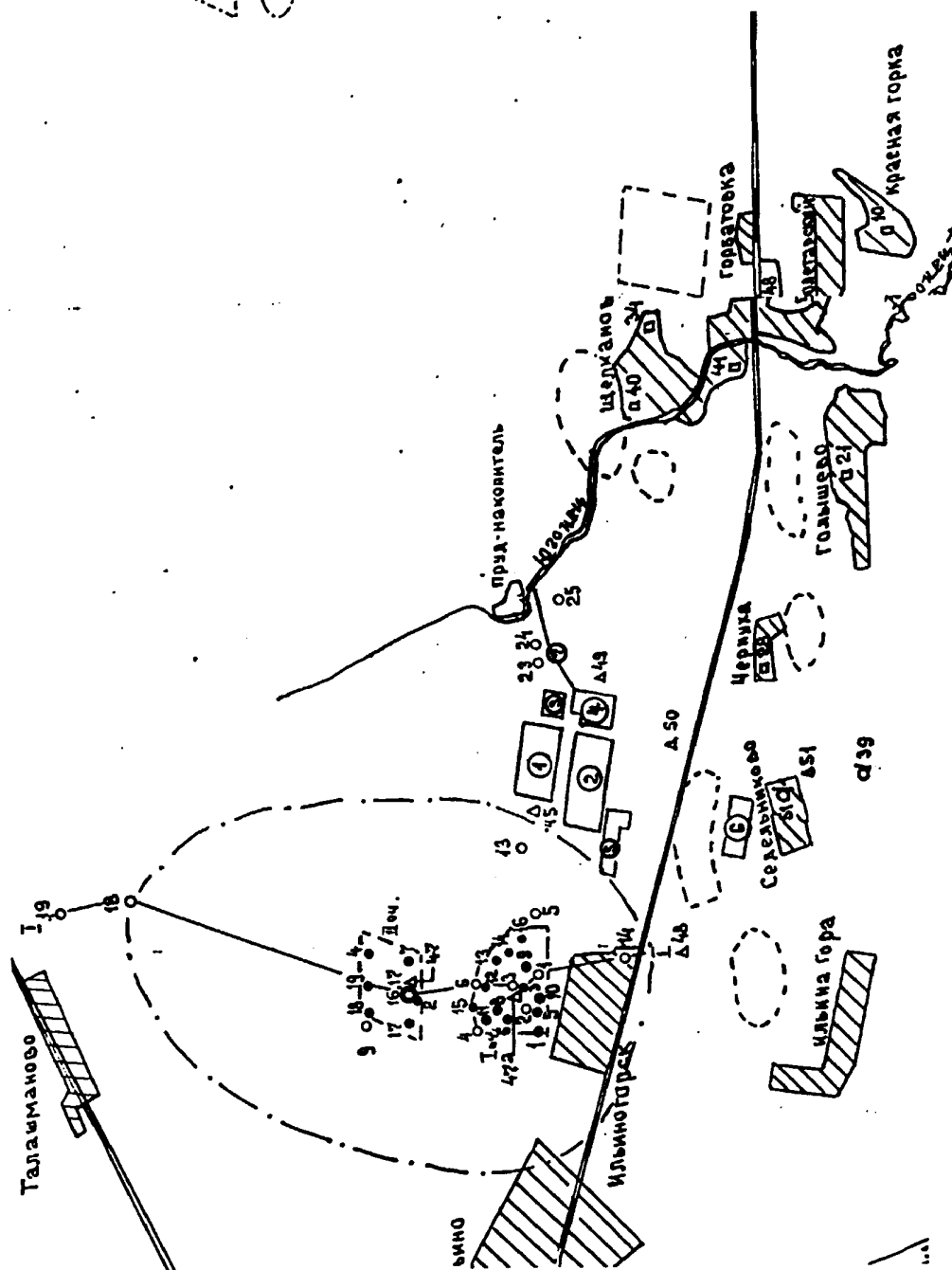


Рис. 4. Схематическая карта фактического материала

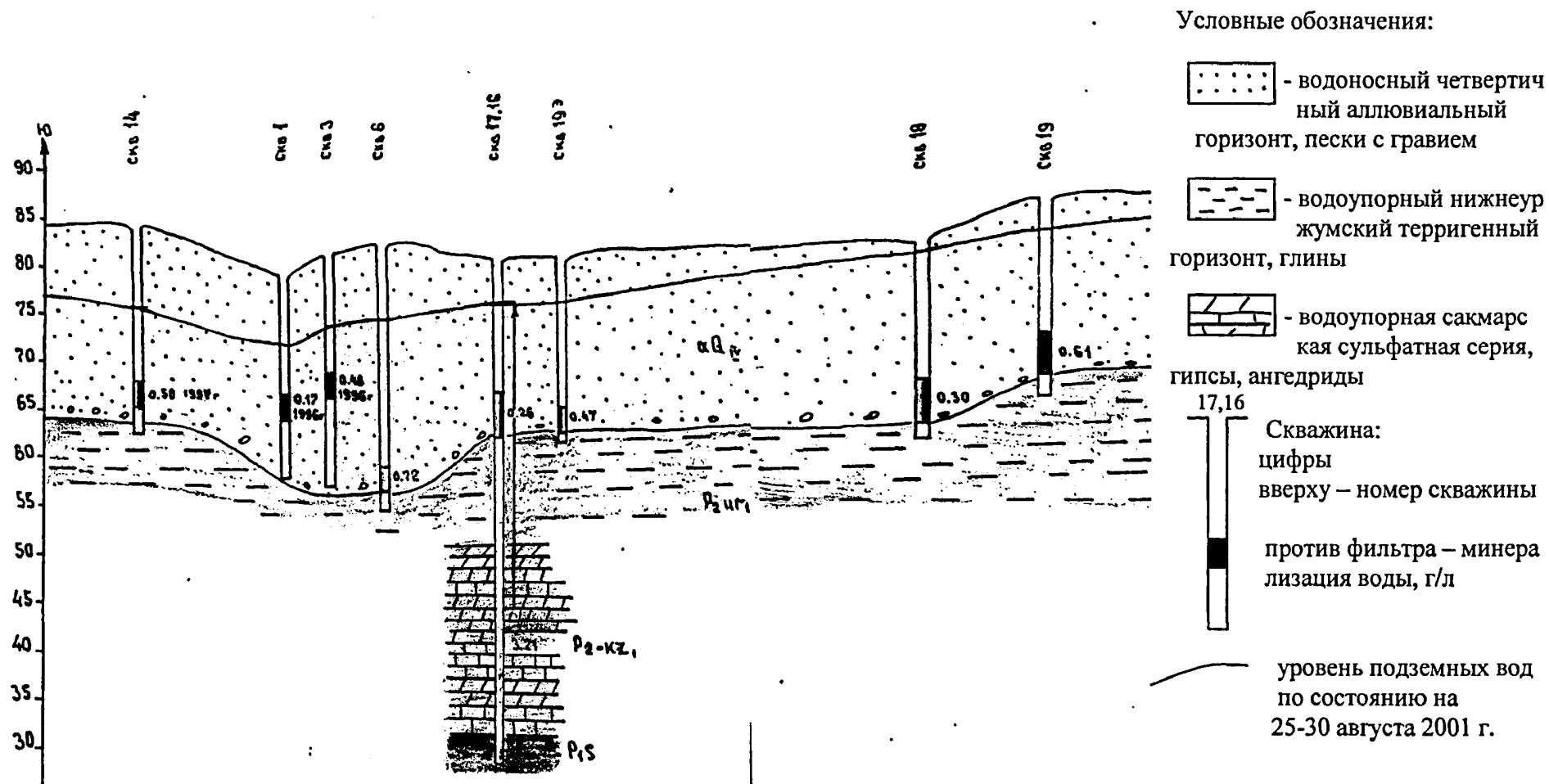


Рис. 5. Геолого-гидрологический разрез по линии I—I



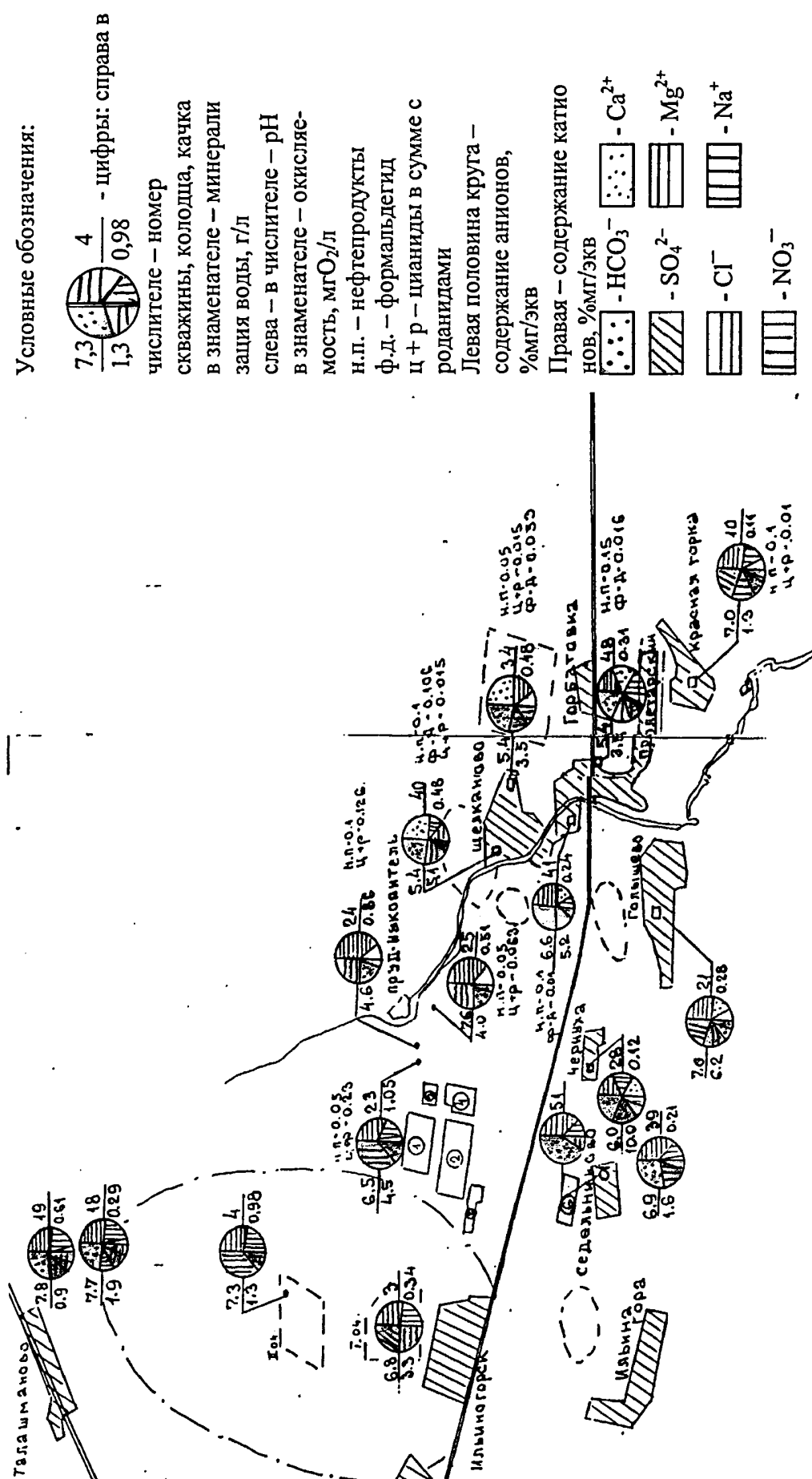


Рис. 6. Схематическая карта химического состава грунтовых вод  
(по результатам осеннего опробования, 2001 г.)

К болотным отложениям приурочен водоносный современный болотный горизонт типа «верховодки», содержащий болотные воды, которые могут создавать местный подпор грунтовыми водами. По данным бурения скважин режимной наблюдательной сети болотные отложения распространены до глубины 14,2 м. Глубина залегания уровня болотных вод составляет 4,6-5,7 м, грунтовых – 5,4 м, причем величина подпора составляет +8,8 м. Гидрохимические условия грунтовых вод на данном участке нарушены техногенным воздействием и их минерализация составляет 0,31-0,44 г/дм<sup>3</sup>.

По химическому составу воды гидрокарбонатного кальциевого типа. Четвертичные аллювиальные отложения подстилаются относительно водупорными, трещиноватыми глинами нижеуржумского горизонта, мощность которых по наблюдательной скважине № 17 составляет 11,4 м. Ниже по разрезу залегают трещиноватые известняки и доломиты нижеказанского яруса, к которым приурочены напорные воды водоносной нижеказанской карбонатной серии.

Мощность нижеказанских отложений по данным наблюдательной скважины № 17 составляет 20,0 м. По химическому составу напорные воды сульфатно-кальциевые с минерализацией от 1,0 до 3,0 г/дм<sup>3</sup>.

Пьезометрические уровни устанавливаются в основном выше зеркала грунтовых вод, создавая условия для питания водоносного четвертичного аллювиального горизонта более минерализованными напорными водами.

#### 4.1.2. Характеристика качественного состава грунтовых вод

Водозабор подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения ОАО «Ильиногорское» состоит из 19 эксплуатационных скважин, расположенных к северо-западу от основных источников загрязнения, выше по потоку грунтовых вод, направленного на юго-юго-восток к реке Ока.

На начало 2002 г. на водозаборе в рабочем режиме находились всего 16 скважин:

- скважины 1<sup>ой</sup> очереди: №№ 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 – 10 шт.;
- скважины 2<sup>ой</sup> очереди: №№ 2, 4, 7, 17, 18, 19 – 6 шт.

Для ведения мониторинга подземных вод на данном участке оборудована сеть из 11<sup>и</sup> наблюдательных скважин. Характеристика подземных вод Ильиногорского водозабора приведена по результатам опробования грунтовых вод водоносного четвертичного аллювиального горизонта наиболее характерных скважин: наблюдательные скважины №№ 13, 14, 18, 19 и эксплуатационные скважины №№ 7, 11; наблюдение за напорными водами нижнеказанской карбонатной серии проводилось по данным наблюдательной скважины № 17.

Результаты анализа подземных вод приведены в таблицах 4.1- 4.3.

Эксплуатационные скважины №№ 11 и 7, находящиеся в центре водозабора, характеризуются стабильно низкими показателями по содержанию  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$ ; содержание солевого аммония находится в пределах 0,40-0,60 мг/л, что в 4 раза ниже ПДК (2,5 мг/л). Наблюдаемый в 1998 г. всплеск содержания  $\text{NH}_4^+$  в 7<sup>и</sup> скважине, наряду с низкими показателями по нитритам и нитратам, свидетельствует о свежем локальном загрязнении, не оказавшем влияния впоследствии на качество грунтовых вод. Некоторые исследователи отмечают подобные результаты (Бочеввер Ф.М., Орадовская А.Е., 1969,1972; Гавич И.К., 1985).

В то же время содержание солевого аммония в воде 13<sup>ой</sup> и 14<sup>ой</sup> наблюдательных скважин, находящихся на периферии водозабора вблизи свиноводческого комплекса, выше того же показателя центральных скважин и находится в пределах от 0,2 до 9,15 мг/л (3,7 ПДК).

Также следует отметить резкое увеличение содержания нитратов в наблюдательных скважинах №№ 18 и 19, находящихся на значительном расстоянии к северу от центра депрессионной воронки – с 2,2-2,7 мг/л в 1998

Таблица 4.1

Уровень загрязнения подземных вод, 1998-2001 гг.

Год опробования	№ сква- жины	Показатели химического состава, мг/дм <sup>3</sup>			
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ортофосфаты
1998	13	6,00	н/обн	н/обн	н/обн
	14	0,20	н/обн	н/обн	н/обн
	18	0,10	0,002	2,20	0,008
	19	0,05	0,002	2,70	0,005
	7	1,30	0,002	2,22	0,380
	11	0,60	0,002	2,12	0,010
	17	2,60	н/обн	н/обн	н/обн
1999	13	9,15	н/обн	н/обн	н/обн
	14	0,35	н/обн	н/обн	0,080
	18	0,20	0,100	36,56	0,076
	19	0,25	0,009	26,20	0,038
	7	0,40	0,002	2,32	0,011
	11	0,50	н/обн	н/обн	0,015
	17	2,10	0,027	н/обн	0,100
2000	13	1,00	н/обн	н/обн	0,200
	14	1,70	н/обн	н/обн	0,300
	18	0,20	0,053	57,12	0,080
	19	0,10	0,018	157,67	0,023
	7	0,60	н/обн	н/обн	0,008
	11	0,55	н/обн	н/обн	0,023
	17	2,20	0,009	н/обн	н/обн
2001	13	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
	18	0,50	0,049	14,85	0,060
	19	3,80	н/обн	154,8	0,083
	7	0,55	н/обн	н/обн	0,093
	11	1,10	н/обн	н/обн	0,060
	17	2,20	н/обн	н/обн	н/обн

году до 65,8-154,8 мг/л в 2001 году. При этом изменение содержания солевого аммония и нитритов столь стремительным не было (наблюдаемый в 2001 г. всплеск содержания  $\text{NH}_4^+$  в 19<sup>ой</sup> скважине, по-видимому, можно объяснить сезонной динамикой химического состава грунтовых вод, либо техническим состоянием скважины).

Таблица 4.2

Диапазон загрязнения подземных вод, мг/л

Показатели	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	Ортофосфаты
lim	0,00 – 9,15	0,000 – 0,100	0,00 – 157,67	0,000 – 0,380
$M \pm m$	$1,37 \pm 0,38$	$0,010 \pm 0,004$	$16,38 \pm 7,87$	$0,059 \pm 0,018$
V, %	147	224	254	157

Повышенное содержание нитратов, при незначительных количествах нитритов и солевого аммония, свидетельствует о том, что с момента загрязнения уже прошел некоторый период времени.

Обследование территории хозяйственной деятельности ОАО «Ильинское» выявило, что увеличение количества нитрат-содержащих компонентов здесь связано с вывозом илового осадка на поле «Митин разгуляй» (участок № 4), которое расположено в северной части рассматриваемого участка. Очевидно, что депрессионная воронка водозабора подтягивает к данным скважинам (№№ 13, 14, 18 и 19) грунтовые воды, загрязненные свиноводческим комплексом и периодическим внесением на поля запахивания повышенных доз органических удобрений, что в дальнейшем может привести к ухудшению качества эксплуатируемых вод (Гольдберг В.М., 1976). Однако в литературе есть и другие мнения на этот счет. Например, И.М. Павлюхин, Ю.А. Можайский и Н.Н. Дубенок (1996) утверждают, что земледельческие поля орошения, наоборот, создают условия для охраны водных источников от загрязнения отходами животноводства.

Таблица 4.3

Динамика качественного состава подземных вод, 1998-2001 гг.

№ сква- жины	Пока- затели	Показатели химического состава, мг/дм <sup>3</sup>			
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Орто- фосфаты
13	lim	1,0 – 9,2	н/обн	н/обн	0,00 – 0,20
	M ± m	5,4 ± 2,9			0,05 ± 0,06
	V, %	77			200
14	lim	0,2 – 1,7	н/обн	н/обн	0,00 – 0,30
	M ± m	0,75 ± 0,60			0,13 ± 0,10
	V, %	110			120
18	lim	0,1 – 0,5	0,002 – 0,100	2,20 – 57,12	0,01 – 0,08
	M ± m	0,3 ± 0,1	0,051 ± 0,023	27,68 ± 12,11	0,06 ± 0,02
	V, %	61	79	87	59
19	lim	0,1 – 3,8	0,000 – 0,018	2,70 – 157,67	0,01 – 0,08
	M ± m	1,1 ± 0,9	0,007 ± 0,004	85,34 ± 41,22	0,04 ± 0,02
	V, %	175	116	97	90
7	lim	0,4 – 1,3	0,000 – 0,002	0,00 – 2,12	0,01 – 0,38
	M ± m	0,7 ± 0,2	0,001 ± 0,001	0,53 ± 0,52	0,12 ± 0,09
	V, %	56	114	200	143
11	lim	0,5 – 1,1	0,000 – 0,002	н/обн	0,01 – 0,06
	M ± m	0,7 ± 0,1	0,001 ± 0,001		0,03 ± 0,01
	V, %	40	114		64
17	lim	2,1 – 2,6	0,000 – 0,027	н/обн	0,00 – 0,10
	M ± m	2,3 ± 0,1	0,009 ± 0,006		0,03 ± 0,04
	V, %	10	141		343

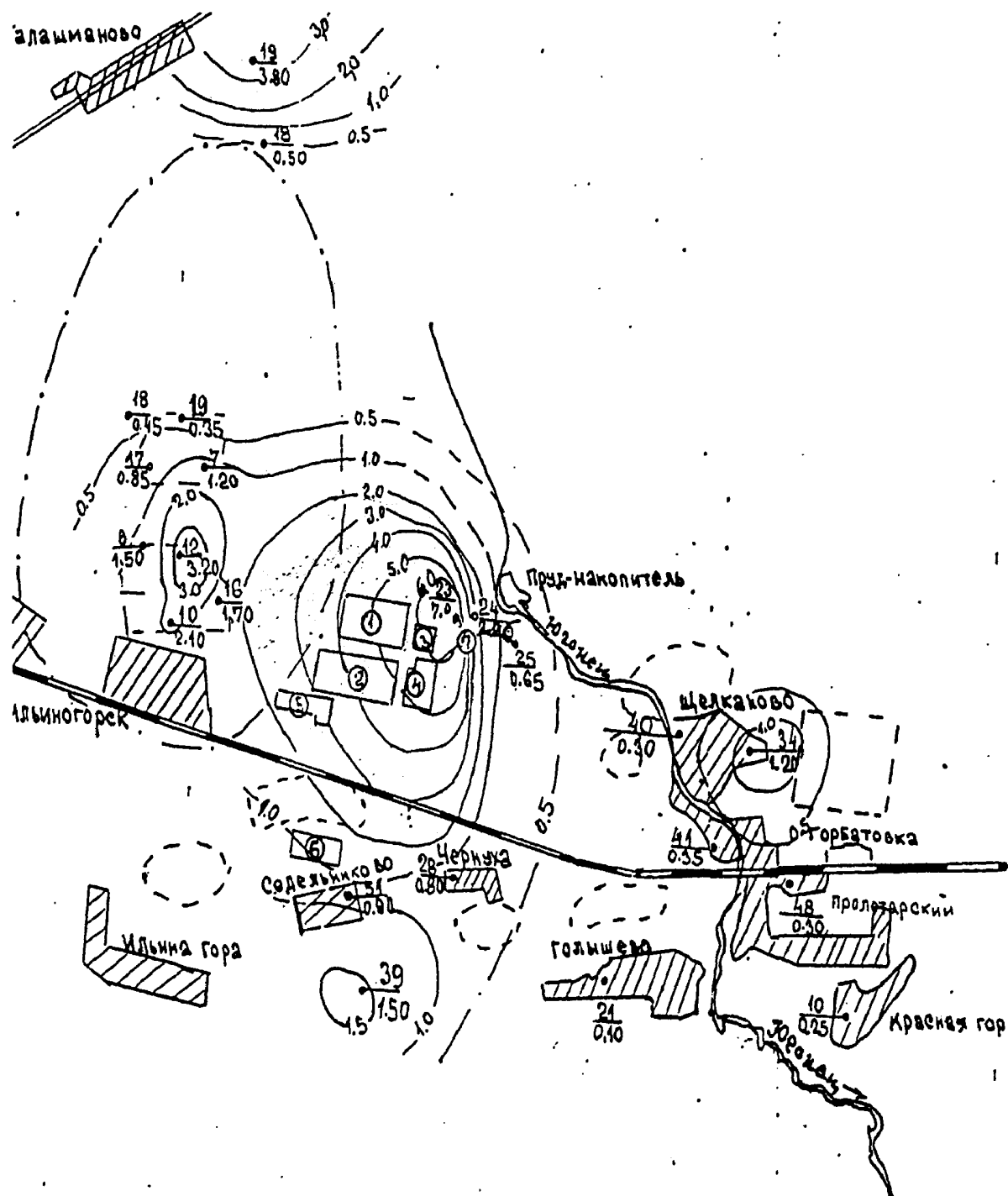
Сравнивая химический состав грунтовых и напорных вод (скважина № 17) по исследуемым загрязнителям, можно увидеть четкую взаимосвязь двух водоносных горизонтов. Увеличение содержания аммиачного азота в

грунтовых водах влечет аналогичные изменения в содержании этого соединения в напорных водах. Выявленная гидравлическая взаимосвязь свидетельствует о том, что техногенному загрязнению подвержен не только водоносный четвертичный аллювиальный горизонт, но и нижележащие слои.

Что же касается динамики содержания ортофосфатов в грунтовых водах, то можно отметить следующее. Четкой корреляции содержания фосфатов в скважинах не наблюдается. Все анализируемые точки объединяет лишь то, что содержание фосфатов колеблется от десятых до тысячных долей миллиграммов на 1 л раствора. Особое внимание обращает на себя содержание фосфатов в воде скважин №№ 13 и 14, которое в 10 раз превышает содержание ортофосфатов центральных скважин, что, вероятнее всего, связано с влиянием свиноводческого комплекса и обусловлено повышенным содержанием этого элемента в почвах. Следует отметить, что фосфаты подземных вод имеют органическое происхождение. Возможно, это связано с внесением жидкого свиного навоза и, прежде всего, на полях запахивания, которые располагаются выше водотока грунтовых вод.

В целом, по данным обследования наблюдательных и эксплуатационных скважин установлено, что содержание солевого аммония в грунтовых водах водозабора увеличилось почти во всех пробах на 0,45-0,95 мг/л и составило: весной – 0,55-3,30 мг/л; осенью – 1,10-3,80 мг/л. Максимальное превышение ПДК по данному показателю (2,5 мг/л) составляет 1,5 раза.

Схематическая карта распределения солевого аммония, построенная по данным мая и сентября 2001 г. (рис. 7) показывает, что загрязнение грунтовых вод в настоящее время неуклонно продвигается к водозабору фронтально с юго-востока I<sup>ой</sup> и II<sup>ой</sup> площадок свиного комплекса. В то же время нужно отметить, что максимальное количество  $\text{NH}_4^+$  обнаруживается, в основном, в центральной части Ильиногорского водозабора, что объясняется гидродинамическими особенностями и имеющейся депрессионной воронкой.



Условные обозначения:

- $\frac{19}{55}$  - в числителе – номер скважины, колодца, качка  
в знаменателе – концентрация солевого аммония, мг/л
- 5— изолинии концентрации солевого аммония
- концентрация солевого аммония > 2

Рис. 7. Схематическая карта распределения солевого аммония  
в грунтовых водах Ильиногорского месторождения, 2001 г.



*Таким образом, на площади 6-10 км<sup>2</sup> направление потока грунтовых вод при постоянной их эксплуатации направлено к центру водозабора. Возможно также, что загрязнение грунтовых вод продвигается не только со стороны свиного комплекса, но и поступает снизу из водоносной нижнеказанской карбонатной серии (в напорных водах содержание солевого аммония в 2001 г. достигало 2,20 мг/л).*

Содержание нитратов и нитритов в грунтовых водах центрального водоснабжения находится на очень низком уровне (они практически отсутствуют). Содержание фосфатов также находится в допустимых пределах, достигая, например, в 2000 г. величины 0,094 мг/л (при ПДК, равном для данного показателя 3,5 мг/л).

Состояние подземных вод в немалой степени зависит от эффективности работы очистных сооружений и объемов вывозимых на поля животноводческих стоков. Поэтому для определения степени влияния хозяйственной деятельности ОАО «Ильиногорское» на состав грунтовых вод было изучено их состояние (химический состав) в районе источников загрязнения и близлежащих населенных пунктов.

Анализ состояния грунтовых вод на территории свиного комплекса и близлежащих территорий проводился, исходя из химической характеристики водных проб скважин №№ 23, 25 и колодцев деревень Голышево, Чернуха, Щелканово, Пролетарский (табл. 4.4 и 4.5).

Скважины №№ 23 и 25 находятся ниже по водотоку от I<sup>ой</sup> и II<sup>ой</sup> площадок свиного комплекса, площадки складирования навоза и очистных сооружений. Представленные данные показывают, что по сравнению с 1995 г. возрастает содержание солевого аммония в обеих скважинах: с 2,28 до 7,00 мг/л и с 0,25 до 0,65 мг/л соответственно. При этом в 1995 г. и 2001 г. в пробах воды отсутствовали нитраты, а нитриты были обнаружены в незначительных количествах.

Таблица 4.4

Уровень загрязнения грунтовых вод  
в пределах территории хозяйственной деятельности свиного комплекса  
1995-2001 гг., мг/дм<sup>3</sup>

№ водопункта и местоположе- ние	Год ис- следова- ния	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Содержание суммарного азота
Скважины					
23	1995	2,28	0,017	н/обн	1,775
	2001	7,00	н/обн	н/обн	5,430
25	1995	0,25	0,008	н/обн	0,196
	2001	0,65	0,009	н/обн	0,503
Колодцы					
21 –	1995	н/обн	0,033	36,00	8,140
Голышево	2001	0,10	0,140	65,97	15,018
28 –	1995	н/обн	0,011	168,80	38,123
Чернуха	2001	0,80	0,053	42,85	10,307
40 –	1995	н/обн	0,030	165,50	37,379
Щелканово	2001	0,50	0,026	197,50	44,996
48 –	1995	н/обн	0,021	84,40	19,066
Пролетарский	2001	0,30	0,018	92,80	21,185
<i>M ± m</i>		<i>1,0 ± 0,6</i>	<i>0,03 ± 0,01</i>	<i>71,2 ± 20,9</i>	<i>16,8 ± 4,5</i>
<i>V, %</i>		<i>202</i>	<i>118</i>	<i>101</i>	<i>93</i>

Отсутствие нитратов и нитритов при наличии солевого аммония говорит о свежем загрязнении и о близком расположении источников загрязнения грунтовых вод. Количество суммарного азота выросло в 2,6-3,1 раза и составило 0,50 мг/л и 5,43 мг/л соответственно, что меньше ПДК (13,03 мг/л) по данному показателю.

Из спецкомпонентов промышленного загрязнения весной и осенью обнаружены нефтепродукты в допустимых пределах и цианиды (в сумме с роданидами) в следующих количествах:

- наблюдательная скважина № 23 – 0,230-0,250 мг/л;
- наблюдательная скважина № 25 – 0,031-0,063 мг/л.

Таблица 4.5

Динамика загрязнения грунтовых вод  
в пределах территории хозяйственной деятельности свиного комплекса  
и прилегающих к нему населенных пунктов

Показатели	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	Содержание суммарного азота
1995 г.				
$M \pm m$	$0,42 \pm 0,34$	$0,020 \pm 0,004$	$75,78 \pm 31,54$	$14,45 \pm 5,94$
V, %	201	50	102	101
2001 г.				
$M \pm m$	$1,56 \pm 1,09$	$0,041 \pm 0,021$	$66,52 \pm 30,14$	$16,24 \pm 6,46$
V, %	172	126	111	97

Сравнивая данные обеих скважин, можно предположить, что с продвижением грунтовых вод к р. Юганец (от 23<sup>ей</sup> к 25<sup>ой</sup> скважине) происходит очищение грунтовых вод и в бассейн реки поступают воды с низким содержанием загрязняющих веществ, что согласуется с данными Ф.И. Тютюнова (1976).

Анализ воды из колодцев населенных пунктов Голышево, Чернуха, Щелканово, Пролетарский выявил следующее. Наиболее благоприятная ситуация сложилась только в деревне Чернуха: содержание нитратов снизилось в 3,9 раза (с 168,8 мг/л (3,8 ПДК) до 42,85 мг/л). Количество суммарного азота составило 10,3 мг/л, что в 3,7 раза ниже предыдущего показателя (1995 г.), и укладывается в нормативы ПДК. Этот факт связан, прежде всего, с пре-

кращением утилизации органических отходов на поля запахивания, расположенные в пределах северной окраины деревни.

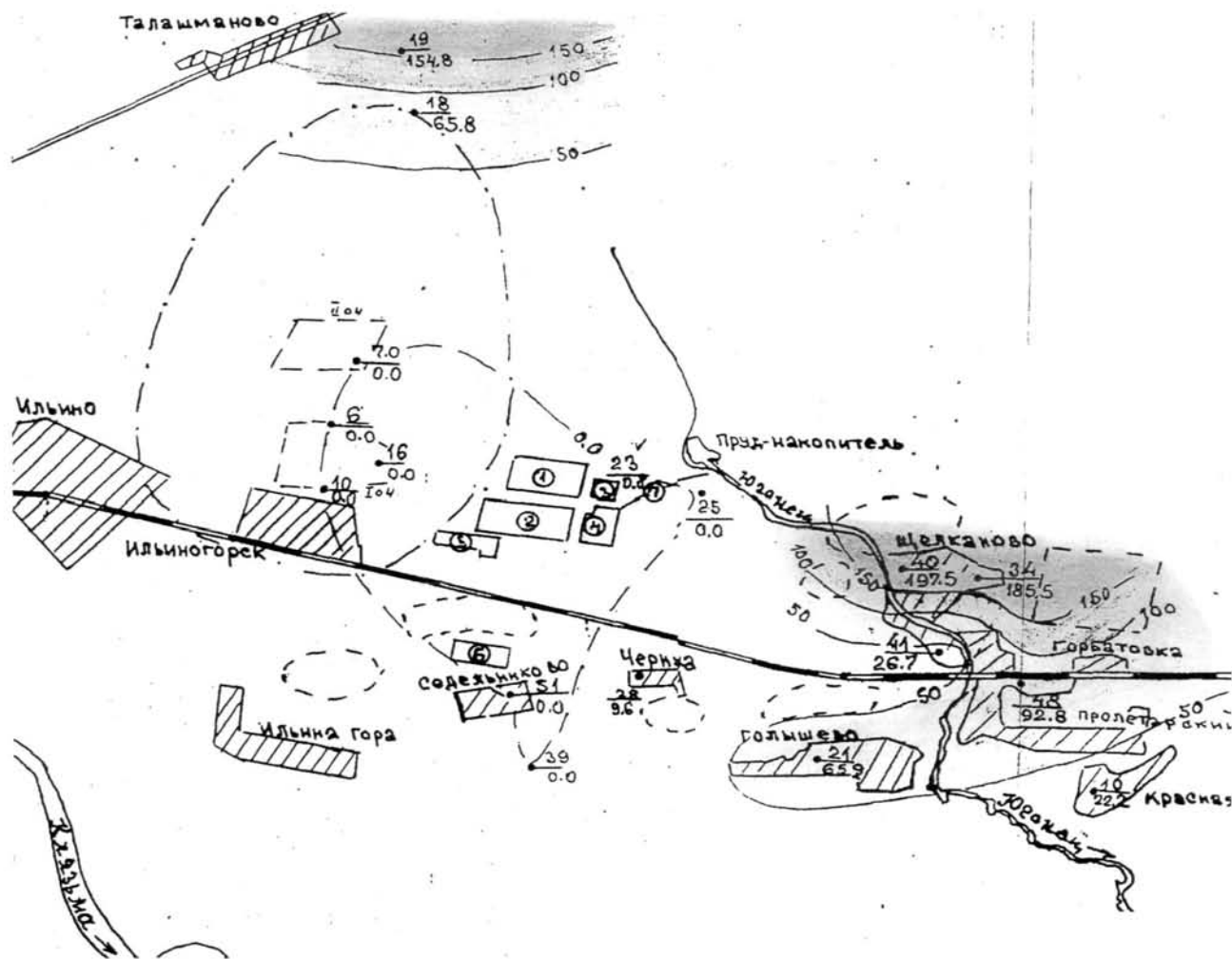
Наиболее неблагоприятная ситуация сложилась в деревне Щелканово, где количество суммарного азота в колодезной воде увеличилось в 2,2 раза и составило 44,99 мг/л (3,5 ПДК). В 1995 и 2001 г. солевой аммоний и нитриты содержались в пределах нормы, а обнаруженное количество нитратов – максимальное на всей рассматриваемой территории, изменялось в пределах 185,5-199,5 мг/л (4,1-4,4 ПДК).

В деревне Голышево в 2001 г. в сравнении с 1995 г. количество суммарного азота увеличилось в 1,8 раза и составило 15,02 мг/л (1,2 ПДК). Также незначительно увеличилось количество солевого аммония и нитритов – при заметном увеличении содержания нитратов – с 36,0 мг/л до 66,0 мг/л (1,5 ПДК). В поселке Пролетарский количество суммарного азота увеличилось незначительно: с 16,06 (1,4 ПДК) до 21,19 (1,6 ПДК) мг/л. Содержание нитритов и нитратов практически не изменилось (хотя в 2001 г. составило 2,1 ПДК), но появился в незначительных количествах солевой аммоний.

Наиболее вероятной причиной увеличения концентрации суммарного азота и нитратов в пробах воды рассматриваемых территорий является вывоз животноводческих стоков на поля орошения-запахивания, расположенные в непосредственной близости к северной, северно-западной и северо-восточной окраинам деревень.

По результатам гидрохимического исследования скважин и колодцев, проведенного в 2001 г., построены схематические карты химического состава грунтовых вод: распределения нитратов и суммарного азота в грунтовых водах на территории хозяйственной деятельности ОАО «Ильиногорское» (рис. 8,9).

Установлено, что неблагоприятными по гидрохимическому режиму грунтовых вод являются участки в районе деревень Щелканово, Пролетарский, Голышево, Чернуха и северной границы Ильиногорского водозабора.



Условные обозначения:

$\frac{41}{26,7}$  - в числителе – номер скважины, колодца, качка в знаменателе – концентрация нитратов, мг/л

—50— - изолинии концентрации нитратов

Концентрация нитратов, мг/л

- 50-100
- 100-150
- >150

Рис. 8. Схематическая карта распределения нитратов в грунтовых водах Ильиногорского месторождения, 2001 г.



Превышение ПДК по содержанию нитратов (45 мг/л) отмечено у северной границы водозабора (поле «Митин разгуляй») – в 2,9 раза и деревень Щелканово, Пролетарский, Голышево – в 1,6-3,5 раза.

*Таким образом, определяющее значение на всей рассматриваемой территории в загрязнении грунтовых вод азотсодержащими веществами (в пересчете на суммарный азот), имеют нитраты. Результаты работ по мониторингу подземных вод на Ильиногорском водозаборе свидетельствуют об увеличении содержания нитратов у северной границы водозабора, в связи с чем необходимо срочное прекращение вывоза илового осадка на поле «Митин разгуляй» (участок № 4).*

#### 4.1.3. Мониторинг поверхностных вод

Актуальность проведения мониторинга состояния поверхностных вод определяется тем, что со свиного комплекса периодически осуществляется сброс сточных вод, прошедших биологическую очистку, которые поступают в мелиоративный канал и далее непосредственно в водоемы.

Сброс сточных вод осуществляется предприятием в поверхностные водные объекты – р. Оку и р. Юганец, относящиеся по категории водопользования к рыбохозяйственным водоемам. Количество стоков, сбрасываемых в указанные реки, практически одинаково. Однако влияние их, оказываемое на санитарно-гигиеническую обстановку водоемов, различно, что обусловлено разной характеристикой самих водоемов и, в частности, способностью к самоочищению, определяющейся прежде всего объемом водного источника. Река Ока представляет собой достаточно крупный водоем: средняя ширина составляет 400-500 м, глубина – 2-3 м, скорость течения – 0,3-0,4 м/сек. Река Юганец является притоком р. Оки и характеризуется следующими показателями: средняя ширина 2,5-3,5 м, глубина – 0,2-0,3 м, средняя скорость течения – 0,1-0,2 м/сек.

Для объективной оценки влияния сбрасываемых сточных вод на химический состав природного водоема, кроме сравнения количества сбрасываемых загрязняющих веществ в стоках, с величиной предельно допустимых и временно согласованных нормативов, целесообразно рассмотреть качественный состав вод реки до места сброса и после него.

Результаты химических анализов воды р. Оки, отобранные за 100 м до сброса сточных вод и через 500 м после него, представлены в таблице 4.6.

Следует отметить, что вода по некоторым показателям качества не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к рыбохозяйственным водоемам, еще до сброса сточных вод рассматриваемого предприятия. Так, например, содержание окисляемых веществ стабильно превышает допустимое значение: показатели БПК<sub>5</sub> и ХПК за рассматриваемый промежуток времени были выше ПДК в среднем в 3,1 и 2,4 раза соответственно. Кроме этого, в 2000 году отмечалось некоторое превышение санитарно-гигиенического норматива по содержанию аммонийного азота. По всем прочим показателям вода удовлетворяла установленным требованиям.

Вследствие сброса сточных вод свинокомплекса устойчивого повышения концентраций рассматриваемых ингредиентов не обнаружено. Сброс очищенных стоков предприятия практически не приводил к ухудшению санитарно-гигиенической обстановки в р. Ока и не ухудшал качества ее воды.

Иная картина наблюдается в воде р. Юганец (табл. 4.7, Приложение 4). Качество воды в точке отбора, расположенной выше влияния стоков свинокомплекса, не соответствует требованиям по показателям ХПК и БПК<sub>5</sub>, по содержанию аммонийного азота и в ряде случаев – сульфатов. Выпуск сточных вод предприятия существенно изменяет значение контролируемых показателей. Так, вследствие сброса стоков содержание взвешенных веществ в водах реки увеличивалось в среднем на 35,6 мг/дм<sup>3</sup> при допустимом увеличении 0,75 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание сухого остатка возрастало в 1,5-2,0 раза, однако превышения ПДК по данному показателю не обнаружено.



Таблица 4.6

Данные аналитического контроля вод р.Оки, в среднем за год

№ п/п	Ингредиенты, мг/ дм <sup>3</sup>	ПДК	2000 г.		2001 г.		2002 г.	
			выше сброса	ниже сброса	выше сброса	ниже сброса	выше сброса	ниже сброса
1.	рН, ед рН	6,5-8,5	8,2	8,1	8,3	8,3	8,2	8,2
2.	Взвешенные вещества	+ 0,75	41,7	33	52,6	35,3	24,8	18,4
3.	Сухой остаток	1000	307	306	330	342	304,6	297,3
4.	Азот аммонийный / N	0,4	0,6	0,46	0,35	0,26	0,25	0,16
5.	Азот нитратный / N	9,1	0,05	0,04	0,89	0,89	0,13	0,11
6.	Азот нитритный / N	0,02	0,003	0,004	0,01	0,01	0,03	0,02
7.	Фосфаты /P	0,2	0,05	0,1	0,08	0,07	0,14	0,12
8.	Хлориды	300	20,6	19,6	18,2	19,4	23,7	23,6
9.	ХПК	15,0	36	38	40	35	33,9	35,2
10.	БПК <sub>5</sub>	2,0	4,6	5,0	8,5	7,4	5,2	5,5
11.	Сульфаты	100	75	70	84	86	57,7	59,8

Таблица 4.7

Данные аналитического контроля вод р.Юганец, в среднем за год

№ п/п	Ингредиенты, мг/ дм <sup>3</sup>	ПДК	2000 г.		2001 г.		2002 г.	
			выше сброса	ниже сброса	выше сброса	ниже сброса	выше сброса	ниже сброса
1.	рН, ед рН	6,5-8,5	7,0	7,4	7,3	7,2	7,7	7,5
2.	Взвешенные вещества	+ 0,75	18,6	53	14,1	53,2	33,1	66,4
3.	Сухой остаток	1000	403,7	852,5	439	914	468	684
4.	Азот аммонийный / N	0,4	0,5	18,8	0,45	9,1	0,63	5,3
5.	Азот нитратный / N	9,1	0,06	3,5	0,35	22,3	3,2	12,7
6.	Азот нитритный / N	0,02	0,005	0,3	0,001	0,4	0,027	0,15
7.	Фосфаты /P	0,2	0,05	15,9	0,16	17,1	2,7	14,6
8.	Хлориды	300	45,5	81	19,1	78,4	13	40,7
9.	ХПК	15,0	25	164	25,5	113	58	95,4
10.	БПК <sub>5</sub>	2,0	5,8	70	6,8	40,7	16,9	33,0
11.	Сульфаты	100	154	166	104	133	87,5	93,5

Серьезные опасения вызывает резкое увеличение содержания биогенных элементов и, в частности, - азотсодержащих соединений. Концентрация аммонийного азота в воде, отобранной ниже сброса на 1-2 порядка выше, чем до него. Максимальное увеличение данного показателя отмечалось в 2000 году: отношение содержания  $\text{NH}_4$  в воде ниже сброса и выше него составляло 38, при этом значение ПДК в воде после сброса сточных вод было превышено в 47 раз. Содержание нитратных форм азота вследствие сброса сточных вод также существенно увеличивается. В среднем за рассматриваемый промежуток времени кратность увеличения составляла 10,6 раз, однако превышение ПДК было не столь значительным, как в предыдущем случае (максимальное – 2,4 раза). Концентрация нитритов в воде, отобранной ниже сброса сточных вод свиного комплекса, существенно выше, чем в воде, отобранной выше сброса, и в первом случае варьирует от 7,5 до 20,0 ПДК, а во втором – от 0,5 до 1,35 ПДК.

Аналогичные тенденции отмечены и в отношении фосфорсодержащих соединений. Концентрация фосфатов в воде, отобранной ниже точки сброса, существенно выше, чем до нее и превышает ПДК в 73-85 раз. Значения ХПК и БПК<sub>5</sub>, как указывалось выше, еще до точки сброса превышали ПДК, после же нее они существенно увеличивались и варьировали в интервале 6,4-10,9 ПДК и 16,5-35,0 ПДК соответственно. Содержание хлоридов и сульфатов также увеличивалось вследствие сброса сточных вод предприятия, причем концентрация последних в большинстве случаев превышала ПДК.

*Таким образом, сброс сточных вод в р. Юганец резко ухудшает характеристики природной воды, что свидетельствует о значительном превышении самоочищающей способности водоема. Высокие концентрации биогенных элементов и окисляемых органических веществ ведут к интенсификации развития процессов деградации природного водоема. Подобное негативное воздействие на гидрологическую составляющую экосистемы являет-*

*ся недопустимым и требует разработки мер, позволяющих с наименьшими экономическими затратами минимизировать данное воздействие.*

#### 4.2. Оптимизация системы водопользования предприятия промышленного свиноводства

В настоящее время одним из самых распространенных способов очистки свиноводческих стоков является их многоступенчатая очистка в аэротенках. Однако, ввиду недостаточно эффективной работы предварительных ступеней очистки (сооружений механической очистки) и наличия трудноокисляемых органических соединений, работа аэротенков осложнена, проходит в режиме повышенных нагрузок и дефицита кислорода в иловой смеси. В результате, количество примесей в очищенных стоках в несколько раз превышает допустимые нормы.

Для интенсификации работы сооружений механической очистки возможно применение физико-химических методов, позволяющих добиться более глубокого эффекта разделения производственного стока и снижающих нагрузку на сооружение биологической очистки.

Представленный в главе 3.1 анализ существующего положения очистки производственных сточных вод Ильиногорского комбината показывает, что несмотря на значительные рабочие объемы сооружений механической и биологической очистки, эффективность работы очистных сооружений не достаточно высокая, окислительная работа аэротенков на качестве очищаемого стока отражается не в полном объеме, а техническое состояние систем аэрации не обеспечивает процесс достаточным количеством кислорода.

Исходный состав производственно стока характеризуется специфическими свойствами, серьезно осложняющими его механическую и биологическую очистку: а) механическая очистка гравитационными методами не эффективна из-за полидисперсной структуры взвешенных веществ, их слабой

способности к агломерации; б) низкая эффективность биологического метода очистки в аэробных условиях обусловлена нарушенным соотношением между биогенными элементами, избытком аммонийного азота при дефиците биологически потребляемого углерода, а также присутствием трудноокисляемых загрязнителей и наличием аммиака, оказывающего токсичное воздействие на биоценозы.

Исходя из этого, на основании предложенных материалов и реального положения на очистных сооружениях Ильиногорского комплекса предлагается технологическая схема очистки с учетом максимального использования действующих сооружений, включающая механическую очистку, физико-химическую обработку, двухступенчатую очистку с глубокой доочисткой сточных вод и систему обезвоживания осадка.

Она должна состоять из следующих этапов.

I. Механическая очистка – осуществляется на дуговых ситах, а затем на аэрируемых песколовках (время пребывания 3-5 минут) с дополнительной отмывкой песка, удаляемого на песковые площадки, на напорных гидроциклонах. Далее сточные воды поступают в смеситель, куда подают дозированный раствор 10% известкового молока из расчета дозы по активной части кальция не менее 2-3 г/л. Сточная вода, обработанная известковым молоком, поступает в первичные отстойники первой ступени, где скоагулированная реагентом взвесь осаждается с эффективностью не менее 70%.

II. Физико-химическая очистка. Сточная вода поступает на вертикальные отстойники 2<sup>ой</sup> группы, переоборудованные под напорные флотаторы, снабженные устройством для съема флотомассы и совместным удалением ее с подщелоченным сырым осадком на дальнейшую обработку. В качестве рабочей жидкости при напорной флотации используется сточная жидкость.

Сточная вода после первичной флотации поступает в сооружение для отдувки аммиака. В качестве деаэраторов могут быть использованы отработанные противоточные колонны или вентиляторные градирни с речной на-

садкой - выбор деаэрирующего устройства осуществляется на стадии проектирования.

III. Биологическую очистку следует производить совместно с хозяйственно-бытовыми стоками жилого поселка, прошедшими механическую очистку, что позволит улучшить биогенный состав стока. Смешение данных видов сточных вод осуществляется в резервуаре-смесителе, куда дополнительно вводится раствор кислоты для корректировки pH до нейтральной, установленном перед аэротенками первой ступени биологической очистки, что дополнительно выравнивает колебания технологической нагрузки общего стока при интенсивной аэрации и времени пребывания не менее 30 минут.

Реконструкция аэротенков первой ступени предусматривает их дополнительное оснащение мелкопузырчатыми аэраторами, а также механизированной системой для отвода флотомассы и гомогената, образующегося в процессе их работы. В качестве второй ступени биологической очистки предлагается использовать существующие аэротенки производственного и хозяйственно-бытового стока, оборудовав их насадкой для развития прикрепленной микрофлоры (иммобилизированной) с чередованием аэробных и факультативных зон.

IV. Доочистку сточных вод предлагается проводить в стабилизационных прудах-накопителях, при необходимости с использованием финишной реагентной обработки осветленной сточной воды для снижения уровня концентраций лимитирующих примесей до приемлемого уровня.

V. Обработка осадка. В настоящее время осадок, образующийся в процессе очистки сточных вод, практически не подвергается никакой обработке, он собирается в накопители, по мере их накопления отстаивается для обезвоживания и дальнейшего компостирования. Ввиду перегруженности илонакопителей и иловых карт требования по соблюдению технологии очистки стоков не обеспечиваются. Это вынуждает использовать значительное количество автотракторной техники для вывоза осадка из илонакопителей и из-

быточно-активного ила из иловых карт на сельскохозяйственные угодья, что в свою очередь приводит к загрязнению почвы и грунтовых вод.

Исходя из этого, предлагается вариант оптимизации процесса очистки промышленных стоков с использованием стандартной схемы обезвоживания осадка при помощи ленточных пресс-фильтров. При данной схеме осадок, прошедший предварительное обезвоживание в вертикальных отстойниках, подается при помощи насосов на фильтр-пресс. Коагулированный с помощью синтетического флокулянта шлам подается на горизонтальный участок фильтр-пресса, где под действием гравитации происходит первичное обезвоживание осадка. Далее шлам осадок попадает между двумя лентами и подается на первую группу валиков. Остаточное количество воды удаляется на второй группе валиков. Прижимное давление повышается ступенчато с 0,25 бар до 3,5 бар.

*Таким образом, вышеописанный механизм изменений в работе части системы водопользования очистных сооружений позволит:*

- *снизить количество лимитируемых примесей в стоках, направляемых в открытый водоем, минимум на 20-25%, что, в свою очередь, приведет к снижению уровня платежей в экологические фонды;*
- *сократить потребление электроэнергии за счет стабилизации работы всех ступеней очистки стоков, включая ступени биологической очистки. Ожидаемый экономический эффект составит 956 тыс. руб.*
- *резко сократить работу автотракторного парка, занятого на перевозке жидкого илового осадка с иловых карт в компостохранилище и на запарке осадка из иловых отстойников. Расчетный экономический эффект составляет 4834 тыс. руб.*

*В целом предлагаемая оптимизация системы водопользования позволит уменьшить антропогенную нагрузку на водные источники до установленных нормативных значений и снизить плату предприятия за загрязнение окружающей среды.*

## **Глава 5. Анализ качественного и количественного состава газообразных выбросов предприятия**

Для оценки влияния газообразных выбросов рассматриваемого базового хозяйства на состояние воздушного бассейна региональной экосистемы автором использованы некоторые материалы из фондов службы экологического мониторинга ОАО «Ильиногорское» и специализированной организации – Управления по экологическому контролю Нижегородской области (отдел физико-химического контроля).

### **5.1. Инвентаризация газообразных загрязнителей**

Одним из основных компонентов окружающей среды, подвергающихся наиболее интенсивному антропогенному воздействию в зоне влияния крупных свиноводческих комплексов, является атмосферный воздух. В составе выбросов в атмосферу поступает большое количество кислотосодержащих агентов, веществ неорганической природы и специфичных органических загрязнителей, таких как пыль растительного и животного происхождения, фенолы, карбоновые кислоты и другие.

Выбросы подразделяются на три основные группы: организованные, неорганизованные и распределенные (Горелик О.Д., Конопелько Л.А., 1992). Организованные выбросы производятся из стационарных источников. Их характеризует большая высота, а также значительные концентрации и объемы загрязняющих веществ. Неорганизованные выбросы проявляются в виде поступлений токсикантов в атмосферу из производственных помещений и цехов предприятий, навозохранилищ и т.д. Концентрация и объем загрязняющих веществ при этом, как правило, существенно меньше, высота выброса небольшая. Распределенные выбросы обусловлены в основном транспортом.



На практике часто распределенные выбросы относят к неорганизованным, выделяя, таким образом, только две группы.

Для охраны атмосферного воздуха от загрязнения на предприятии установлено пылеочистительное оборудование, представленное циклонами и пылеосадительной камерой, что позволяет улавливать пыль древесную, абразивную и металлическую с эффективностью 60% (пылеосадительная камера) – 99% (циклон ЗИЛ-900).

Загрязнители, поступающие в атмосферу, в определенных концентрациях, оказывают негативное влияние как на биологические объекты (растительность, животные, микробиота, человек), так и на компоненты абиотической среды. С выбросами рассматриваемого предприятия ежегодно в атмосферу в среднем поступает 3,14 т твердых веществ, а также 454,24 т жидких и газообразных веществ.

Среди наиболее значимых стационарных источников загрязнения воздуха в зоне влияния предприятия следует назвать 2 свинокомбината. На долю каждого из них приходится по 19,6 % от общего объема выбросов (Приложение 5). Среди основных соединений, выбрасываемых данными объектами, в наибольшем количестве представлены пыль, аммиак, сероводород, диметиламин, диметилсульфид и другие. В основном, выбрасываемые загрязнители относятся к 3-му и 4-му классу опасности. Мощным источником загрязнения атмосферного воздуха на территории свиного комплекса является цех теплоснабжения, на долю которого приходится 46 % от общего объема выбросов. В их составе преобладают такие соединения, как оксид углерода (124 т/год), диоксид азота (92 т/год), оксид азота (15 т/год). Кроме этого, в выбросах присутствуют вещества 1 класса опасности, такие как бенз(а)пирен, пятиокись ванадия, хромовый ангидрид. Существенный вклад в загрязнение атмосферы от данного источника выбросов вносят тяжелые металлы.

Среди стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха необходимо отметить племенную ферму (7,47 %), мясокомбинат (3,38 %),

хоздвор (1,42 %), очистные сооружения (1,56 %). В процессе работы очистных сооружений в атмосферу поступают аммиак, сероводород, метилмеркаптан, этилмеркаптан, оксид углерода, диоксид азота, метан, хлор и др. При этом следует отметить, что поступление загрязняющих веществ идет на всех стадиях очистки, начиная с насосных станций, подающих промышленные стоки в насосные резервуары, и заканчивая процессом обеззараживания вод хлором в контактных резервуарах. Вклад остальных источников составляет не более 1 % от общего объема газообразных выбросов.

В целом, выбросы в атмосферный воздух происходят от 247 источников загрязнения по 60 ингредиентам. Возможность аварийных и залповых выбросов на предприятии отсутствует.

Анализ качественного и количественного состава выбросов представлен в таблицах 5.1 – 5.5.

Таблица 5.1

Характеристика загрязняющих веществ первого класса опасности, содержащихся в выбросах предприятия

№	Вещество	Фактический выброс		ПДВ, т/год
		г/сек	т/год	
1.	Свинец	0,000014	0,0000393	0,0000393
2.	Бенз(а)пирен	0,0000034	0,0000375	0,000037
3.	Ванадия пятиокись	0,000044	0,0000010	0,00000096
4.	Хромовый ангидрит	0,000037	0,0000016	0,0000016

Суммарный фактический выброс веществ первого класса опасности составляет 0,0000794 тонны в год, или 0,036 % от общего объема выбросов предприятия промышленного свиноводства. Объемы поступающих в атмосферу соединений находятся в пределах допустимых нормативов, что, в принципе, должно свидетельствовать об отсутствии их негативного влияния. В действительности же, на основании этого можно констатировать лишь

отсутствие прямого отрицательного воздействия на организм человека и животного при вдыхании ими загрязненного воздуха.

Особенностью указанных токсикантов является их высокая устойчивость в окружающей среде, что способствует их аккумуляции в почвах и других субстратах. В связи с этим, при прогнозировании развития состояния экосистемы, находящейся в зоне влияния предприятия подобного профиля, необходимо учитывать временной интервал, в течение которого они поступали в окружающую среду.

Вещества 2<sup>го</sup> класса опасности представлены более широко (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Характеристика загрязняющих веществ второго класса опасности, содержащихся в выбросах предприятия

№	Вещество	Фактический выброс		ПДВ, т/год
		г/сек	т/год	
1.	Азота диоксид	9,537915	92,7012176	92,69
2.	Бензол	0,11075	0,2652197	0,263
3.	Кислота серная	0,000028	0,0000543	0,0000543
4.	Фтористый водород	0,00261	0,0019528	0,0014
5.	Марганец	0,00957	0,0090231	0,008
6.	Фтористые соединения	0,00073	0,0001980	0,0002
7.	Меди (II) оксид	0,0000158	0,0000004	0,0000004
8.	Диметиламин	0,5732	18,0358712	18,03
9.	Сероводород	0,32248	10,1037579	10,09
10.	Фенол	0,052792	1,3201925	1,32
11.	Акролеин	0,00189	0,0212740	0,021
12.	Формальдегид	0,35946	1,6606246	1,66
13.	Хлор	1,126	1,5339310	1,53

При этом основная доля объема выбросов приходится на диоксид азота, являющийся одним из основных кислотообразующих загрязнителей. Су-

щественный вклад в загрязнение атмосферы вносят также диметиламин и сероводород, особенностью которых является не столько их вредное действие на биологические объекты, сколько дурной запах. Следует отметить, что выброс данных загрязнителей также не превышает предельно допустимых значений.

Качественный и количественный состав загрязнителей 3 и 4 классов опасности представлены в таблицах 5.3-5.4.

Таблица 5.3

Характеристика загрязняющих веществ третьего класса опасности, содержащихся в выбросах предприятия

№	Вещество	Фактический выброс		ПДВ
		г/сек	т/год	
1.	Ксилол	0,203	1,0200672	1,02
2.	Азота оксид	1,544155	14,9996332	14,99
3.	Ангидрид сернистый	6,41163	1,515340	1,51
4.	Пыль 20-70% SiO <sub>2</sub>	0,073958	0,1975303	0,197
5.	Сажа	0,0183	0,0585161	0,058
6.	Железа оксиды	0,08213	0,0708582	0,070
7.	Олова оксид	0,0000079	0,0000216	0,0000216
8.	Цинка оксид	0,00043	0,0000192	0,0000192
9.	Спирт бутиловый	0,033	0,2140668	0,214
10.	Кислота уксусная	0,0002	0,0000720	0,0000720
11.	Этилмеркаптан	0,00060004	0,0024003	0,0024
12.	Альдегид пропионовый	0,2041	4,5254452	4,75
13.	Кислота валериановая	0,004	0,0159930	0,0159
14.	Спирт амиловый	0,0004	0,0015992	0,0016
15.	Взвешенные вещества	0,024	0,5103360	0,51
16.	Толуол	0,00236	0,0265925	0,026
17.	Кислота капроновая	0,07152	2,2590799	2,19
18.	Пыль щебня	0,02	0,3267878	0,327
19.	Пыль песка	0,0317	0,3226528	0,332
20.	Пыль цемента	0,0042	0,0101411	0,0101

Таблица 5.4

Характеристика загрязняющих веществ четвертого класса опасности,  
содержащихся в выбросах предприятия

№	Вещество	Фактический выброс		ПДВ
		г/сек	т/год	
1.	Углерода оксид	12,12465	129,5111748	129,49
2.	Спирт изобутиловый	0,033	0,2140668	0,214
3.	Углеводор. пред. C12-C19	0,0894	0,0895169	0,089
4.	Аммиак	1,89117	81,4519310	81,4497
5.	Ацетон	0,003	0,0119952	0,0119
6.	Диметилсульфид	0,14442	4,4078477	3,40
7.	Метилмеркаптан	0,010934096	0,3436712	0,34

Основной объем в массе загрязнителей 3 и 4 классов опасности занимают оксиды азота и углерода. Кроме этого, представлен широкий спектр специфических органических загрязнителей, среди которых присутствуют такие, как этилмеркаптан, альдегид пропионовый. Более того, фактические выбросы капроновой кислоты, диметилсульфида и аммиака несколько превышают предельно допустимые. Наибольшее превышение отмечается по диметилсульфиду: оно составляет 1,0 т/год или практически 30 % от величины ПДВ.

Однако вышеперечисленные загрязнители характеризуют не полный перечень газообразных выбросов крупного промышленного свиного комплекса. В составе действительных выбросов конкретного предприятия присутствует немалое количество не вошедших в вышеназванную перепись химических соединений. Дело в том, что в настоящий момент времени класс опасности разработан и утвержден далеко не для всех загрязнителей, а лишь для ограниченного перечня токсикантов. Из 42-х загрязнителей, поступающих в атмосферу региональной экосистемы, для 14 нижеприведенных (табл. 5.5) их не существует.

Таблица 5.5

Характеристика загрязняющих веществ,  
содержащихся в выбросах предприятия  
(класс опасности не установлен)

№	Вещество	Фактический выброс		ПДВ
		г/сек	т/год	
1.	Уайт-спирит	0,294	1,2300672	1,23
2.	Аэрозоль краски	0,0889	0,1537200	0,154
3.	Пыль древесная	0,347	0,9759825	0,975
4.	Керосин	0,142267	0,1226577	0,122
5.	Пыль абразивная	0,05609	0,0367785	0,036
6.	Пыль металлическая	0,18045	0,0920400	0,097
7.	Полиэтилен	0,0002	0,0000720	0,0000720
8.	Пыль угля	0,00434	0,0199354	0,0199
9.	Пыль мясокостной муки	0,039	0,5630400	0,563
10.	Натрия гидроокись	0,000006	0,0000540	0,000054
11.	Пыль шерстяная	4,2773	134,9514815	133,86
12.	Пыль комбикормовая	0,01353	0,0355942	0,0355942
13.	Метан	0,0655	2,0640900	2,064
14.	Микроорганизмы	0,000000623	0,0000200	0,000073

В эту группу объединены как явно малотоксичные соединения (пыль древесная), так и более опасные (натрия гидроокись, аэрозоль краски). Причем, именно в эту группу отнесен загрязнитель «пыль шерстяная», занимающий основное место в объеме выбросов рассматриваемого предприятия (134,9 т/год). Это количество несколько превышает значение даже предельно допустимых выбросов.

*В целом проведенный анализ качественного и количественного состава загрязнителей, поступающих в атмосферу от свиного комплекса, свидетельствует, что несмотря на отсутствие на предприятии специальных систем*

*газо- и пылеочистки, объем выбрасываемых токсикантов не превышает значений предельно допустимых нормативов. Это, в общем, позволяет констатировать отсутствие заметного негативного влияния выбросов рассматриваемого предприятия на компоненты окружающей среды.*

## 5.2. Мониторинг состояния атмосферного воздуха в санитарно-защитной зоне предприятия

Основным параметром оценки воздействия хозяйственной деятельности на состояние воздушного бассейна является соотношение величины фактического и предельно допустимого выбросов. Однако наличие только одного этого критерия не гарантирует точности оценки. Существующая в настоящее время практика расчета предельно допустимых выбросов является упрощенной и не учитывает многие факторы, влияющие на распределение и аккумуляцию токсикантов в компонентах природной среды. В связи с этим необходим мониторинг состояния атмосферы, в процессе которого определяется фактическая концентрация загрязнителей в среде в определенный интервал времени. Причем, наиболее важно, чтобы контролю подвергалась прежде всего санитарно-защитная зона предприятия, отделяющая производственные помещения от жилой зоны.

Результаты аналитического контроля за содержанием загрязняющих веществ в санитарно-защитной зоне предприятия представлены в таблицах 5.6-5.12. Наблюдения проводились в соответствии с графиком аналитического контроля 1 раз в 2 месяца в точках контроля, описанных в Приложении 6.

Перечень контролируемых показателей определяли на основании проведенных ранее расчетов поступления годовых объемов токсикантов в атмосферу (табл.5.1-5.5). Контролю подлежали выбросы, для которых выполнялись следующие неравенства (Типовая методика ..., 1986):

$$M \setminus (ПДК_{м.р.} \times H) > 0,01 \quad \text{при } H > 10;$$

$$M \setminus (ПДК_{м.р.} \times H) > 0,1 \quad \text{при } H < 10, \quad \text{где}$$

$M$  – суммарная величина выбросов вредного вещества от всех источников предприятия, г/с;

$ПДК_{м.р.}$  – максимальная разовая предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$H$  – средняя высота источника, м.

Годовые объемы поступления вредных веществ в атмосферу определили расчетным путем в соответствии с имеющимися нормативными документами (Методические указания ..., 1984; Методика по определению ..., 1984; Типовая методика ..., 1986; ОНД-86, Методика расчета ..., 1987).

Так, например, выбросы от котельной рассчитывали теоретически в соответствии с «Методическими указаниями по расчету загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/час», согласно которым определение выбросов окиси углерода ведется по следующей формуле:

$$M_{CO} = 0,001 \times B \times C_{CO} \times (1 - q_4/100), \quad \text{где}$$

$M_{CO}$  – годовой объем выбросов окиси углерода, т /год;

$B$  – расход топлива, т /год;

$C_{CO}$  – выход окиси углерода при сжигании топлива, кг/т;

$q_4$  – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %.

Выход окиси углерода определяется следующим образом:

$$C_{CO} = q_3 \times R \times Q^r, \quad \text{где}$$

$q_3$  – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

$R$  – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива;

$Q^r$  – низшая теплота сгорания натурального топлива, Мдж/кг.



В соответствии с вышеизложенным, обязательному систематическому контролю на предприятии подлежали следующие вещества: оксид углерода, аммиак, ацетон, фенол, сероводород, амины, меркаптаны, окислы азота.

Большинство стационарных источников выбросов, как организованных, так и неорганизованных, поставляют в атмосферный воздух аммиак (табл. 5.6).

Наблюдения показали, что в пределах санитарно-защитной зоны его содержание практически во всех случаях превышает максимально-разовую предельно допустимую концентрацию. Так, значительное количество данного соединения содержится в выбросах аммиачной компрессорной, где его содержание варьирует от 3,3 до 20 ПДК. Максимальная разовая концентрация аммиака в атмосферном воздухе обнаружена в районе расположения цеха технических фабрикатов, где она составила  $50 \text{ мг/м}^3$ , что в 250 раз выше ПДК. Кроме этого, существенный вклад в загрязнение аммиаком вносят свинокомбинаты № 1 и № 2, в зоне влияния которых концентрация загрязнителя превышает допустимый уровень в 5,5 и 4,4 раза соответственно.

Одним из специфических загрязнителей рассматриваемого предприятия, является фенол. Специфика источников выбросов №№ 2, 5, 6 позволяет ожидать присутствия данного органического соединения в воздушной массе, циркулирующей в непосредственной близости возле них. Однако исследования показали, что за весь рассматриваемый период концентрация фенолов вблизи цеха технических фабрикатов и свинокомбината № 1 была ниже предела обнаружения. В выбросах свинокомбината № 2 было выявлено единовременное превышение ПДК в 8 раз.

Содержание сероводорода превышало предельно допустимые концентрации только в выбросах цеха технических фабрикатов. Максимальное зафиксированное значение данного показателя составило  $10 \text{ мг/м}^3$  при ПДК  $0,008 \text{ мг/м}^3$ .

Таблица 5.6

Результаты аналитического контроля за содержанием аммиака в воздухе санитарно-защитной зоны

Точка отбора пробы	Фактическое содержание загрязнителя, мг/м <sup>3</sup> в различные сроки отбора												ПДК
	I		II		III		IV		V		VI		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Точка № 1	0,65	1,00	0,75	0,90	3,80	2,60	7,06	5,15	н.п.о.	н.п.о.	3,87	4,00	0,20
Точка № 2	0,22	0,26	44,75	50,00	2,60	6,77	4,39	4,65	5,75	5,75	4,78	4,63	
Точка № 3	0,79	0,90	0,49	0,49	1,10	2,75	4,77	5,85	0,25	0,44	2,0	2,55	
Точка № 5	6,75	6,75	7,90	8,60	3,72	5,70	5,50	8,34	1,74	1,93	3,75	5,0	
Точка № 6	5,80	6,20	5,75	8,75	0,75	1,00	4,50	6,00	1,53	1,83	3,10	7,60	

Здесь и далее: н.п.о. – ниже предела обнаружения

Таблица 5.7

Результаты аналитического контроля за содержанием фенола в воздухе санитарно-защитной зоны

Точка отбора пробы	Фактическое содержание загрязнителя, мг/м³ в различные сроки отбора												ПДК
	I		II		III		IV		V		VI		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Точка № 2	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,01
Точка № 5	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	
Точка № 6	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,08	0,08	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	

Таблица 5.8

Результаты аналитического контроля за содержанием сероводорода в воздухе санитарно-защитной зоны

Точка отбора пробы	Фактическое содержание загрязнителя, мг/м <sup>3</sup> в различные сроки отбора												ПДК
	I		II		III		IV		V		VI		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Точка № 2	н.п.о.	н.п.о.	10,0	10,0	4,0	4,0	2,0	2,0	н.п.о.	н.п.о.	4,0	4,0	0,008
Точка № 5	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	
Точка № 6	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	

Таблица 5.9

Результаты аналитического контроля за содержанием аминов в воздухе санитарно-защитной зоны

Точка отбора пробы	Фактическое содержание загрязнителя, мг/м <sup>3</sup> в различные сроки отбора												ПДК
	I		II		III		IV		V		VI		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Точка № 2	2,0	3,0	15,0	15,0	50,0	50,0	10,0	10,0	25,0	25,0	10,0	10,0	
Точка № 5	50,0	50,0	20,0	20,0	10,0	10,0	9,0	9,0	15,0	15,0	8,0	10,0	
Точка № 6	20,0	20,0	10,0	10,0	20,0	20,0	8,0	8,0	10,0	10,0	20,0	25,0	

Таблица 5.10

Результаты аналитического контроля за содержанием меркаптанов в воздухе санитарно-защитной зоны

Точка отбора пробы	Фактическое содержание загрязнителя, мг/м <sup>3</sup> в различные сроки отбора												ПДК
	I		II		III		IV		V		VI		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Точка № 2	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
Точка № 5	н.п.о.	н.п.о.	5,0	5,0	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1,3	2,0
Точка № 6	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	5,0	5,0	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	

Таблица 5.11

Результаты аналитического контроля за содержанием оксида углерода в воздухе санитарно-защитной зоны

Точка отбора пробы	Фактическое содержание загрязнителя, мг/м³ в различные сроки отбора												ПДК
	I		II		III		IV		V		VI		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Точка № 3	12,5	12,5	25,0	25,0	12,5	12,5	6,25	6,25	12,5	12,5	10,0	10,0	5,0
Точка № 4	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	25,0	25,0	12,5	12,5	6,2	6,2	

Таблица 5.12

Результаты аналитического контроля за содержанием оксида азота в воздухе санитарно-защитной зоны

Точка отбора пробы	Фактическое содержание загрязнителя, мг/м <sup>3</sup> в различные сроки отбора												ПДК
	I		II		III		IV		V		VI		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Точка № 3	0,86	1,30	3,92	4,44	1,16	3,36	н.п.о.	н.п.о.	0,40	0,40	0,90	0,90	0,4
Точка № 4	0,20	0,20	15,76	17,76	6,40	10,80	9,00	9,10	10,05	11,40	7,60	8,20	

Помимо этого, в выбросах цеха теплоснабжения и цеха первичной переработки скота систематически обнаруживается существенное превышение ПДК по оксиду углерода. Содержание соединения варьирует от 6,2 до 25,0 мг/м<sup>3</sup>. Последнее значение в 5 раз выше максимального разового допустимого значения. Содержание оксида азота в воздухе санитарно-защитной зоны предприятия также, фактически во всех случаях, существенно превышает ПДК.

Кроме этого, на предприятии проводится аналитический контроль за содержанием в воздухе аминов и меркаптанов, однако величины ПДК для этих веществ не приведены.

Наиболее важной является характеристика атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны предприятия. Контроль за этим ведется в 2-х базовых точках: д. Чернуха и д. Сидельниково. Результаты наблюдения представлены в таблице 5.13.

Полученные данные свидетельствуют, что концентрация аммиака на границе санитарно-защитной зоны во всех случаях практически на порядок ниже ПДК. Максимальная концентрация данного соединения отмечалась в д. Сидельниково при восточном направлении ветра: она составила 0,8 ПДК. Содержание сероводорода в большинстве случаев не обнаруживается. Однако при северо-западном ветре в воздухе обеих контрольных точек было отмечено разовое превышение ПДК. В это же время отмечалось повышенное содержание меркаптана. Содержание окислов азота не превышает санитарно-гигиенических нормативов.

Завершая характеристику воздушного бассейна в зоне влияния предприятия промышленного свиноводства, можно заключить следующее. Отрицательное воздействие токсикантов, выбрасываемых в воздушный бассейн, на здоровье человека, состояние технологического оборудования и другие объекты не ограничивается временем их пребывания в атмосфере. Рано или поздно элементы и соединения попадают на поверхность почвы и водоема,

Таблица 5.13

**Характеристика атмосферного загрязнения на границе  
санитарно-защитной зоны (максимально разовые концентрации)**

Место отбора	Направление ветра	Показатели			
		Аммиак	Серо-водород	Меркаптаны	Окислы азота
д. Чернуха	северо-западный	0,0078	н.п.о.	н.п.о.	0,370
	Западный	0,0020	н.п.о.	н.п.о.	0,038
	Западный	0,0480	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Западный	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Переменный	0,0450	н.п.о.	н.п.о.	0,024
	Северный	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Северный	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Северо-западный	0,0500	2,0	5,0	0,048
	Северо-восточный	0,0560	н.п.о.	н.п.о.	0,240
	Восточный	0,0400	н.п.о.	н.п.о.	0,047
	Северо-западный	0,0120	н.п.о.	н.п.о.	0,440
д. Сидельниково	Северо-западный	0,0250	н.п.о.	н.п.о.	0,430
	Западный	0,0320	н.п.о.	н.п.о.	0,047
	Западный	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Западный	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Переменный	0,0330	н.п.о.	н.п.о.	0,049
	Северный	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Северный	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
	Северо-западный	0,0910	2,0	5,0	0,048
	Северо-восточный	0,0120	н.п.о.	н.п.о.	0,047
	Восточный	0,1600	2,0	н.п.о.	н.п.о.
	Северо-западный	0,0540	н.п.о.	н.п.о.	0,060

где могут аккумулироваться в исходном состоянии, а также трансформироваться, потеряв или, чаще, напротив, увеличив при этом свою токсичность. Вследствие этого, может происходить загрязнение указанных сред (воды, почвы) до критических значений, нарушение протекания в них естественных процессов, приводящее в конечном итоге к их деградации.

Так, в результате выбросов в атмосферу окислов азота и серы, широко-масштабно осуществляемых при сжигании природного топлива, может происходить увеличение степени кислотности почв, ухудшение их физико-химических свойств и развитие ряда других негативных процессов, например, увеличение степени подвижности токсикантов в почвенной экосистеме.

*Таким образом, выброс загрязняющих веществ в атмосферу может оказывать влияние на все природные среды, в связи с чем, независимо от масштабов наблюдаемых в конкретной экосистеме изменений, необходимо проводить постоянный контроль за состоянием не только той среды, которая подвергается наибольшему воздействию и априори, но и других сред – составляющих экосистемы.*



## **Глава 6. Оценка влияния хозяйственной деятельности предприятия на состояние почвенно-биотического комплекса**

Влияние предприятия на прилегающий почвенный покров происходит вследствие попадания атмосферных выбросов на поверхность почвы и систематического внесения больших количеств жидких органических отходов. При этом, как показали проведенные исследования (гл.5), заметного негативного влияния атмосферных выпадений токсикантов на почву не обнаружено (объемы выбросов практически по всем ингредиентам находятся в пределах ПДВ). Утилизация же отходов, образующихся в системе очистки навозосодержащих стоков свинокомплекса, на почвах хозяйства является серьезным вмешательством в функционирование почвенно-биотического комплекса, которое может привести как к положительным, так и к отрицательным последствиям.

### **6.1. Многолетняя динамика агрохимических показателей почв хозяйства**

Изменения, происходящие в агроэкосистеме под влиянием антропогенной деятельности, зависят как от прилагаемых воздействий, так и от устойчивости компонентов самой системы. При этом под устойчивостью понимается способность системы возвращаться после возмущения в исходное состояние (Глазовская М.А., 1978). Основой устойчивости экосистемы является устойчивость почвы – главного организующего звена почвенно-биотического комплекса. Именно это во многом определяет функционирование агроландшафта.

В связи с вышеотмеченным необходимо рассмотреть характеристику почвенного покрова исследуемого предприятия.

### 6.1.1. Почвы и почвообразующие породы

Среди факторов, определяющих устойчивость почв к химическому, физическому и иным видам воздействия, в первую очередь следует назвать почвообразующие породы. Как правило, почвы, сформированные на лессах и лессовидных суглинках, известняковых и мергелистых породах, обладают высокой буферностью (устойчивостью). На флювиогляциальных и древнеаллювиальных отложениях, в зависимости от их гранулометрического состава, образуются крайне неустойчивые, неустойчивые и мало устойчивые почвы.

На территории землепользования хозяйства в качестве почвообразующих пород встречаются флювиогляциальные супесчаные и суглинистые отложения, древнеаллювиальные и аллювиально-делювиальные супесчаные и суглинистые отложения, способствующие образованию почв, генетически неустойчивых к антропогенному воздействию. Флювиогляциальные отложения имеют небольшое распространение.

Неоднородность гранулометрического состава пород обусловила различие их агрохимических свойств, водно-воздушного и теплового режимов и, соответственно, их устойчивость. Более тяжелые по гранулометрическому составу слои флювиогляциальных отложений характеризуются значительным содержанием поглощенных щелочно-земельных оснований. Реакция пород сильноокислая (рН солевой вытяжки 3,9 - 4,1). Обменная кислотность в флювиогляциальных отложениях обусловлена, главным образом, обменным алюминием, что способствует образованию в почвах фосфатов полуторных окислов. Различие в химическом составе пород сказывается и на химических показателях почв. Почвы, сформировавшиеся на более тяжелых по гранулометрическому составу породах, лучше обеспечены питательными элементами и обладают более высоким плодородием.

Широкое распространение на территории землепользования имеют древнеаллювиальные отложения. Последние характеризуются желто-бурой

или коричнево-бурой окраской, суглинистым или супесчаным гранулометрическим составом, довольно плотным сложением, средней увлажненностью. Все почвы, сформировавшиеся на них, отличаются опесчаненным составом пахотного слоя. В агрохимическом отношении древнеаллювиальные отложения характеризуются следующими данными. Они сильно и среднекислые - рН солевой вытяжки около 5, обменная кислотность обусловлена большей частью алюминием. Сумма поглощенных оснований низкая у супесчаных и песчаных отложений и высокая - у суглинистых. Обеспеченность их подвижными формами фосфора и калия низкая, особенно у легких по гранулометрическому составу пород.

Почвенный покров ОАО «Ильиногорское» весьма разнообразен и представлен разновидностями подзолистого, болотного, дерново-лугового и пойменно-болотного типов. Располагаясь на различных элементах рельефа, указанные типы разделяются на подтипы, виды и разновидности, различающиеся по степени оподзоленности, оглеенности и гранулометрическому составу. Характерной особенностью почвенного покрова территории является то, что массивы дерново-подзолистых почв повсюду расчленяются торфянисто-глеевыми, торфяно-болотными и торфянисто-подзолисто-глеевыми почвами. Последние занимают все пониженные участки рельефа местности.

Верхние горизонты дерново-подзолистых почв содержат значительно меньшее количество илстых частиц и частиц физической глины, чем иллювиальная зона профиля этих почв. Это может быть обусловлено как выносом их из верхней части профиля в ходе подзолообразовательного процесса, так и сменой породы на определенной глубине профиля. Формирование иллювиальных горизонтов с высоким содержанием илстых частиц в определенной степени изменяет водно-воздушный режим подзолистых почв, обуславливая появление верховодки и развитие процессов оглеения. При определенных условиях это может привести к развитию болотного процесса почвообразо-

вания, что должно учитываться при сельскохозяйственном использовании таких почв.

Незначительное содержание частиц физической глины и крупной пыли в песчаных и супесчаных почвах, развившихся на песках, существенно влияет на водный и воздушный режим описываемых почв. В осенний и весенний периоды вода атмосферных осадков и талые воды будут быстро уходить из верхних горизонтов почвы, просачиваясь в ее глубокие слои. Застаивание воды в профиле таких почв не происходит. Поверхностные слои почвы будут быстро подсыхать, прогреваться и раньше будут готовы к обработке. Вследствие небольшой капиллярной скважности капиллярный подток влаги к поверхностным слоям будет ничтожным и растения могут страдать от недостатка влаги. Последнее, особенно в засушливые годы, может обуславливать необходимость организации полива посевов и кормовых угодий.

Иной водно-воздушный режим в дерново-подзолистых суглинистых почвах. В этих почвах содержатся 23,6-26,9 % частиц физической глины и 76,4-73,1 % физического песка. Частицы физической глины обладают высокой влагоемкостью, меньшей водопроницаемостью, что приводит к достаточному скоплению влаги в верхней части профиля суглинистых почв. Все это обуславливает повышенную увлажненность этих почв в весенний период и более поздние сроки готовности к обработке по сравнению с песчаными и супесчаными почвами. Однако в летний период, благодаря повышенной капиллярной порозности, в суглинистых почвах создается капиллярный подъем влаги из нижних горизонтов и растения будут лучше обеспечены влагой по сравнению с почвами песчаного и супесчаного гранулометрического состава.

В дерново-подзолистых глееватых почвах суглинистого состава, сформировавшихся на суглинках, вследствие их малой водопроницаемости в весенний и осенний периоды в верхних горизонтах профиля скапливается излишнее количество влаги, что способствует их заболачиванию. На этих почвах необходимо проведение агротехнических мероприятий по отводу излиш-

них паводковых дождевых вод и периодическое рыхление подпахотного горизонта для улучшения аэрации. Эти особенности водно-воздушного режима почв необходимо учитывать при внесении жидкого свиного навоза и не допускать использования его в сверхвысоких дозах на почвах легкого гранулометрического состава и при близком залегании грунтовых вод.

В связи с различием гранулометрического состава и разной интенсивностью проявления подзолистого и дернового процессов подзолообразования, почвы подзолистого типа заметно отличаются друг от друга по своим агрохимическим показателям. Подзолистые и дерново-подзолистые почвы характеризуются небольшим содержанием гумуса. Количество его в верхних горизонтах колеблется от 0,44 до 1,77 %, причем в подзолистых горизонтах оно резко снижается. Малое содержание гумуса обусловлено проявлением подзолообразовательного процесса, при котором процессы разложения растительных остатков и гумификация протекают с участием грибной микрофлоры с образованием значительного количества фульвокислот. Фульвокислоты и их соли хорошо растворимы в воде и вымываются из верхней части профиля. Последнее сопровождается дальнейшим развитием подзолообразовательного процесса. Высокая кислотность фульвокислот не может быть нейтрализована имеющимися в верхней части профиля щелочными и щелочно-земельными катионами, т.к. их количество здесь невелико. Наибольшее количество поглощенных оснований характерно суглинистым почвам хозяйства (от 7 до 20 мг-экв. на 100 г почвы). Эти почвы оказывают большую буферность к разрушающему воздействию фульвокислот и частично нейтрализуют их.

Содержание азота в почве зависит от содержания гумуса и его качественной характеристики. Соответственно этому генетически дерново-подзолистые почвы низко обеспечены азотом: содержание валового азота равно 0,01-0,07 %, легкогидролизуемого - от 22 до 72 мг/кг. При этом отношение углерода к азоту в гумусе дерново-подзолистых почв колеблется от

6,3 до 25,5. Сужение соотношения С : N способствует увеличению доступности азота сельскохозяйственным растениям за счет образования более подвижных фракций гумусовых кислот (Титова В.И., 1998).

#### 6.1.2. Водно-физические свойства пахотных почв хозяйства

Водно-физические свойства пахотных дерново-подзолистых почв изучались в рамках научно-производственной договорной работы. Объекты исследований подобраны таким образом, чтобы их можно было сравнить по изучаемым параметрам. Выбранные участки находятся в одинаковых геоморфологических и гидрологических условиях, располагаются на слабоволнистой надпойменной террасе долины р. Оки. Образцы из разрезов отбирались в мае-начале июня 1998 года. Всего было заложено 16 разрезов (прикопок и полуям) на четырех участках.

Участки № 1, 2 и 9 представляют собой супесчаные разновидности дерново-слабоподзолистых почв, сформировавшихся на древнеаллювиальных слоистых и иловато-песчаных отложениях. Почва участка № 3 (также дерново-слабо-подзолистая) отличается легкосуглинистым гранулометрическим составом, образовалась она на древнеаллювиальных суглинках, подстилаемых песчаными и иловато-песчаными отложениями. Участки № 2 и 3 используются под пашню, участок № 1 в настоящее время занят многолетними травами, а участок № 9 выведен из севооборота и представляет собой многолетнюю залежь. На все исследуемые участки периодически или ежегодно вносится большое количество жидких органических удобрений.

Влияние органических удобрений на физические свойства и структурно-агрегатное состояние почв показано в таблицах 6.1 и 6.2.

*Результаты сухого рассева свидетельствуют о слабой оструктуренности пахотных супесчаных почв (участки № 1 и 2), в их составе преобладают микроагрегаты (< 0,25 мм) и фракция размером 1-0,25 мм.*

Таблица 6.1

## Структурно-агрегатный состав почв

№ участка, разрез	Горизо нт	Сухой рассев							Мокрый рассев							Кс
		Размер агрегатов, мм							Размер агрегатов, мм							
		>10	10-5	5-3	3-1	1- 0,25	<0,25	Σ10- 0,25	>10	10-5	5-3	3-1	1- 0,25	<0,25	Σ10- 0,25	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Уч.№1																
(мн.тр.)Р.1	0-20	2,5	7,6	8,3	8,8	33,3	39,4	58,0	-	0,8	0,4	1,0	18,8	79,0	21,0	1,4
Р.2	0-24	2,7	10,4	14,4	25,0	19,4	28,1	69,2	-	0,4	2,4	7,2	24,6	65,4	34,6	2,2
	24-40	6,5	5,7	6,2	7,9	10,8	62,2	30,6	-	1,0	1,0	3,0	11,4	83,6	16,4	0,4
Р.3	0-27	8,1	19,4	15,4	17,9	17,2	22,0	69,9	-	1,4	2,8	7,6	44,4	43,8	56,2	2,3
	27-40	1,6	3,9	4,6	9,3	21,8	58,7	39,6	-	-	0,2	0,6	8,4	90,8	9,2	0,7
Р.4	0-27	16,0	16,2	15,8	16,6	13,1	22,3	61,7	-	5,2	5,4	13,4	32,2	43,8	56,2	1,6
	27-40	1,7	7,5	7,3	19,9	30,6	41,0	57,3	-	0,6	1,0	4,2	14,2	80,0	20,0	1,3
Среднее по участку	0-26	7,3	13,4	13,5	17,2	20,8	27,9	64,9	-	1,9	2,8	7,3	30,0	58,0	42,0	1,9
	26-40	3,3	5,7	6,0	9,7	21,1	54,0	33,5	-	0,5	0,7	2,6	13,3	84,0	15,1	0,8
Уч.№2	0-30	15,1	15,7	11,5	13,6	21,1	23,0	61,9	-	0,4	0,4	2,2	20,0	77,0	23,0	1,6
(пашня)Р.5	30-50	0,9	2,4	2,8	4,6	15,6	73,8	25,4	-	-	-	0,2	1,2	98,6	1,4	0,8
Р.6	0-30	9,4	3,5	8,2	13,2	37,4	22,3	68,3	-	0,4	0,6	1,8	20,0	77,2	22,8	2,2
	30-60	3,2	2,9	2,6	3,6	26,2	61,5	35,3	-	5,0	0,2	0,2	6,4	88,2	11,8	0,5
Р.7	0-30	8,2	8,2	7,7	12,6	25,0	38,3	53,5	-	0,2	4,4	6,4	54,8	34,2	65,8	1,2
	30-60	11,0	4,6	3,4	6,1	32,7	42,0	46,8	-	0,2	0,2	0,6	7,8	91,2	8,8	1,0
Р.8	0-25	17,2	14,4	12,2	17,6	22,4	15,9	66,7	-	2,4	1,4	7,0	34,8	54,4	45,6	2,0
	30-60	13,1	12,7	9,1	12,0	14,4	38,7	48,2	-	0,2	0,2	1,0	3,8	94,8	5,8	0,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Среднее по участку	0-30	12,6	11,9	9,9	14,3	26,3	24,9	62,8	-	0,9	1,7	4,4	32,4	60,7	39,4	1,8
Уч.№3	30-60	7,1	5,6	4,9	6,6	22,2	54,0	39,3	-	1,3	0,2	0,5	4,8	93,2	6,8	0,8
(пашня) Р.9	0-26	10,5	13,7	13,1	19,9	24,8	18,0	71,5	-	-	0,6	2,4	36,0	61,0	39,0	2,5
Р.10	26-40	8,6	18,4	16,3	22,8	20,1	13,7	77,6	-	-	0,2	1,6	32,2	66,0	34,0	3,5
	0-26	3,5	10,3	12,5	20,9	23,7	28,9	67,4	-	0,4	0,8	3,0	37,6	58,2	41,8	2,1
	26-40	10,1	16,2	14,2	21,4	20,5	17,7	72,3	-	0,2	0,4	1,2	30,2	68,0	32,0	2,6
Р.11	0-23	8,4	9,8	9,8	20,4	27,1	23,7	67,1	-	0,8	0,2	20,0	22,8	56,2	43,8	2,1
	23-40	6,9	15,9	15,5	24,6	25,6	11,5	81,6	-	-	0,2	1,2	27,6	71,0	29,0	4,4
Р.12	0-23	7,3	10,3	11,3	20,6	25,1	25,3	67,3	-	-	0,6	2,4	26,6	70,4	29,6	2,1
	23-38	9,8	14,3	14,9	20,7	21,7	18,5	71,6	-	-	0,6	1,6	23,6	74,2	25,8	2,5
Среднее по участку	0-25	7,4	11,0	11,7	20,3	25,2	24,0	68,2	-	0,3	0,6	7,0	30,8	61,4	38,7	2,2
Уч.№9	25-40	8,9	16,2	15,2	22,4	22,0	15,4	75,8	-	0,1	0,4	1,4	28,4	69,8	30,2	3,3
(залежь) Р.13	0-25	0,4	4,5	9,8	18,0	41,3	25,3	73,6	-	3,4	10,8	10,4	36,2	39,2	60,8	2,9
	30-50	7,4	7,9	7,5	12,7	30,3	34,0	58,4	-	1,6	3,6	3,4	29,6	61,8	38,2	1,4
Р.14	0-25	3,3	7,2	12,6	17,3	32,3	27,3	69,1	-	1,6	7,6	10,0	38,0	42,8	57,2	2,3
	30-50	4,3	10,7	8,5	10,1	25,6	39,8	54,9	-	3,6	5,6	6,2	31,4	53,2	46,8	1,2
Р.15	0-25	0,2	3,0	3,9	7,7	45,8	39,1	60,4	-	0,2	1,6	3,2	39,6	55,4	44,6	1,5
	30-50	1,9	5,9	5,2	7,6	48,0	31,4	66,7	-	0,6	0,8	2,2	42,4	54,0	46,0	2,0
Р.16	0-25	1,5	4,5	8,6	17,8	36,7	30,1	67,6	-	0,8	0,8	7,8	40,2	50,4	49,6	2,1
	30-50	6,3	9,1	8,9	12,9	31,9	30,7	62,1	-	0,8	2,0	3,0	33,4	62,6	37,4	1,7
Среднее по участку	0-25	1,4	4,8	8,7	15,2	39,0	30,5	67,7	-	1,5	5,2	7,8	38,5	46,9	53,0	2,2
	30-50	5,0	8,4	7,5	10,8	34,0	34,0	60,7	-	1,7	3,0	3,7	34,2	57,9	42,6	1,6



Таблица 6.2

## Водно-физические параметры почв

№ участка, тип почвы	№ раз- реза	Гори- зонт, - см	Плот- ность (d <sub>v</sub> ) г/см <sup>3</sup>	Полная влажеом- кость (ПВ), %	Наимень- шая влагеом- кость, (НВ), %	Оптимально возможные запасы вла- ги для слоя 0-20 см, мм
1.(Многолетние травы) Дерново-слабоподзолистая супесчаная	1	0-20	1,7	24,2	22,5	62,6
	2	0-24	1,5	33,0	28,2	70,2
		24-40	1,6	26,8	25,0	
	3	0-27	1,4	34,6	29,9	69,6
		27-40	1,5	24,2	23,6	
	4	0-27	1,6	29,0	26,3	68,8
		27-40	1,3	38,6	29,2	
	Среднее по участку	0-26	1,5	30,2	26,7	67,8
		26-40	1,5	29,9	25,9	
2. (Пашня) Дерново-слабоподзолистая супесчаная	5	0-30	1,4	31,1	28,7	69,7
		30-60	1,7	23,2	22,1	
	6	0-30	1,6	33,2	30,5	82,6
		30-60	1,7	28,4	26,9	
	7	0-30	1,5	24,8	22,7	56,1
		30-60	1,6	24,3	22,7	
	8	0-25	1,2	43,1	34,0	70,8
		30-60	1,6	27,2	24,6	
	Среднее по участку	0-30	1,4	33,1	29,0	69,8
		30-60	1,6	25,8	24,1	
3. (Пашня) Дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая	9	0-26	1,3	45,1	35,9	79,1
		26-40	1,3	42,0	31,7	
	10	0-26	1,2	41,2	33,4	70,5
		26-40	1,5	41,0	32,5	
	11	0-23	1,3	42,1	34,5	82,6
		23-40	1,3	38,1	28,2	
	12	0-23	1,4	40,0	35,2	84,1
		23-40	1,3	39,6	33,1	
	Среднее по участку	0-25	1,3	42,1	34,7	79,1
		25-40	1,3	40,2	31,4	

1	2	3	4	5	6	7
9. (Залежь)	13	0-25	1,4	41,0	35,1	87,5
Дерново-		30-50	1,6	39,0	27,4	
слабопод-	14	0-25	1,4	47,8	34,2	84,9
золистая		30-50	1,7	40,5	27,6	
супесчаная	15	0-25	1,5	32,3	30,1	75,3
		30-50	1,5	28,9	27,8	
	16	0-25	1,4	36,8	31,0	72,4
		30-50	1,6	28,9	26,5	
Среднее по участку		0-25	1,4	39,5	32,6	80,0
		30-50	1,6	34,3	27,3	

*Высокое содержание этих фракций способствует распылению почв и уплотнению пахотных горизонтов.*

По данным мокрого рассева структурные агрегаты обладают низкой водопрочностью. Количество агрономически ценных водопрочных агрегатов составляет 39-42%, но на участке № 1 под многолетними травами проявляется тенденция к улучшению структурного состава. *Подпахотные горизонты обладают исключительно плохой структурностью по всем показателям, что объясняется, прежде всего, особенностью почвообразующих пород и легким гранулометрическим составом этих горизонтов.*

От первых двух участков заметно отличается участок № 9, также супесчаного гранулометрического состава, представляющий собой залежь. Коэффициент структурности составляет здесь значительно большую величину (2,2), а на долю агрономически ценных водопрочных агрегатов приходится больше половины (53%). Произрастающие на участке многолетние травы оказывают положительное влияние и на свойства подпахотного горизонта, хотя здесь не исключено влияние встречающиеся в материнских породах иловатых прослоек.

*Почвы участка № 3 легкосуглинистого гранулометрического состава, по данным сухого рассева они оструктурены лучше, чем супесчаные разновидности: коэффициент структурности составляет 2,2 в пахотных горизонтах*

и 3,8 - в подпахотных (в последнем случае - за счет суглинистого гранулометрического состава почвообразующих пород). Однако структурные агрегаты непрочные и легко разрушаются под действием воды. На долю агрономически ценных водопрочных агрегатов в пахотном слое этих почв приходится 38%, примерно столько же, сколько и в супесчаных почвах.

Из физических свойств, обеспечивающих условия произрастания растений, большое значение имеет плотность почв ( $d_v$ ). Этот показатель тесно связан с оструктуренностью почв и гранулометрическим составом, он отражает сложение и порозность почвенных горизонтов. Данные таблицы 6.2 показывают, что пахотные горизонты 1-го и 2-го участков сильно уплотнены, значения  $d_v$  в разных разрезах колеблются в среднем в пределах 1,4-1,6 г/см<sup>3</sup>, что является весьма неблагоприятным для развития корневых систем растений. В легкосуглинистых разновидностях этот показатель несколько лучше - 1,3 г/см<sup>3</sup>.

Низкие значения полной влагоемкости согласуются с низкой порозностью почв, что, в свою очередь, является следствием плохой оструктуренности и высокой плотности. Особенно неблагоприятны эти показатели в почвах 1-го и 2-го участков. Небольшая разница между полной (ПВ) и наименьшей (НВ) влагоемкостью свидетельствует о низкой порозности аэрации, что отражается на воздушном режиме почв, а при определенных условиях может привести к анаэробнозису и отразиться на продуктивности сельскохозяйственных культур, в первую очередь - пропашных.

Оптимально возможные запасы влаги, рассчитанные по НВ, могут быть достаточными для большинства районированных культур, но для того, чтобы эта влага использовалась растениями продуктивно, необходимо улучшение физических параметров и воздушных свойств почв.

### 6.1.3. Агрохимическая характеристика пахотных почв ОАО «Ильиногорское»

Многочисленными экспериментами и наблюдениями установлено, что хозяйственная деятельность человека и, прежде всего, систематическое внесение очень высоких доз органических удобрений способствуют существенному изменению агрономических свойств почв. При этом вносимые в почву органические удобрения влияют не только на содержание в ней основных элементов питания, но воздействуют на структуру и водно-физические параметры почвы, содержание микроэлементов и тяжелых металлов и другие почвенные характеристики. Наиболее заметны и значимы изменения показателей агрохимического направления, что является неотъемлемым признаком интенсификации сельскохозяйственного производства. Наблюдения за динамикой изменения агрохимических показателей пахотных почв ОАО «Ильиногорское» проводятся, начиная с 1968 года.

Суждение о результативности антропогенного воздействия на характер изменений почвенного плодородия сделано нами на основе научного анализа результатов агрохимического обследования почв, проведенного ФГУ «Центр агрохимической службы «Нижегородский». Обобщенные в соответствии с целями данного исследования результаты показаны в таблице 6.3, а полная характеристика пахотных почв по всем обрабатываемым участкам (на 2000 г.) приведена в Приложениях 7 и 8.

Приведенные цифры свидетельствуют о состоянии плодородия почв хозяйства.

За 25 лет (1968-1994 гг.), судя по усредненным данным, кислотность почв существенно снизилась (с 4,3 до 5,5 единиц pH), содержание подвижных соединений фосфора увеличилось в 12 раз, а содержание доступных растениям соединений калия возросло на 23 %. Результаты последнего агрохи-

мического обследования почв показали, что кислотность почв продолжает снижаться, содержание фосфора увеличилось на 7 %, а калия – в 1,6 раза.

Таблица 6.3

Динамика основных агрохимических показателей пашни хозяйства

Показатели	Годы		
	1968	1994	1999
$pH_{\text{ксл}}$ :			
- средневзвешенное значение	4,3	5,5	5,6
- % кислых почв	100	63	51
$P_2O_5$ :			
- средневзвешенное значение, мг/кг	101	1 266	1 359
- доля почв с содержанием фосфора до 100 мг/кг, %	99	0	0
$K_2O$ :			
- средневзвешенное значение, мг/кг	60	74	121
- доля почв с содержанием калия до 120 мг/кг, %	100	100	67

В целом пахотные почвы хозяйства характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды, средней степенью гумусированности (2,1 %) и повышенным содержанием подвижного калия, а также очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора. По последним данным Нижегородской агрохимслужбы доля таких почв (с очень высокой обеспеченностью  $P_2O_5$ ) в структуре пахотных площадей области составляет 12 %, а 49 % – почвы с повышенным и высоким содержанием фосфора. Однако с 1995 г. наметилась тенденция их сокращения как в Нижегородской области (Шафонов О.Д., 2001), так и в целом по стране (Ермолаев С.А., Сычев В.Г., Кузнецов А.В., 2001).

Известно, что при достаточной обеспеченности растений макроэлементами и благоприятных условиях произрастания рост урожайности культур может быть ограничен недостаточным содержанием в почве микроэлементов, содержание которых в почвах хозяйства приведено в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Обеспеченность пахотных почв хозяйства микроэлементами, 2000 г.

Микро- элементы	Группы по степени обеспеченности						Средне- взве- шенное значе- ние, мг/кг
	низкая		средняя		высокая		
	пло- щадь почв, га	% к общей площа- ди	пло- щадь почв, га	% к общей площа- ди	пло- щадь почв, га	% к общей площа- ди	
Бор	516	51	427	43	61	6	0,4
Марганец	56	6	799	80	149	15	52,1
Кобальт	427	43	559	56	18	2	1,2
Медь	14	1	515	51	475	47	4,5

Представленные данные свидетельствуют о том, что почвы хозяйства в основном характеризуются средним содержанием марганца, кобальта и меди. Обеспеченность почв бором находится на границе между низкой и средней. Исходя из этого, можно сделать вывод, что в зависимости от конкретных условий многие культуры будут в той или иной степени страдать от недостатка отдельных микроэлементов.

О распространении на территории хозяйства почв с разной степенью обеспеченности питательными элементами можно судить по данным таблицы 6.5 и рис. 10. Как видно из таблицы, почти 4 % почв хозяйства характеризуются очень низкой и низкой степенью гумусированности, а повышенной и высокой – лишь 28 %.

По мнению В.А. Величко и В.А. Прошкина (1999) оптимальный уровень содержания фосфора для дерново-подзолистых почв находится в диапазоне от 100 до 240 мг/кг почв. В отношении фосфора следует отметить, что содержание его ниже 500 мг/кг (а именно 407 мг/кг) обнаружено только на 2 % всей пашни (т.е. 24 га из 1004 га), а свыше 1000 мг/кг – на площади 658 га, или 66 % площадей. На фоне столь высокой обеспеченности почв фосфором

содержание калия может рассматриваться как очень низкое: 41 % составляют почвы с очень низкой и низкой обеспеченностью этим элементом, 25 % - с повышенной и высокой, и лишь 9 % - с очень высокой (до 450 мг/кг).

Таблица 6.5

Распределение пахотных почв ОАО «Ильиногорское»  
по обеспеченности основными элементами питания, 1999 г.

Группы	Гумус		pH <sub>ксл</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	площадь почв, га	% к общей площади	площадь почв, га	% к общей площади	площадь почв, га	% к общей площади	площадь почв, га	% к общей площади
1	39	4	0	0	0	0	57	6
2	403	40	0	0	0	0	347	35
3	285	28	94	9	0	0	263	26
4	163	16	420	42	0	0	83	8
5	114	12	325	32	0	0	166	17
6			165	16	24	2	88	9
7					980	98	0	0
Среднее	2,1		5,6		1 359		121	

\* - средневзвешенное значение показателя

Относительно невысокое количество подвижного калия в почвах связано с высоким выносом этого элемента возделываемыми культурами и низким содержанием его в применяемых органических удобрениях. Накопление фосфора в изучаемых почвах, напротив, обусловлено относительно невысокой потребностью в нем растений при достаточно высоком содержании его в свином навозе (Шафран С.А., 1997).

Это же подтверждается данными расчета баланса элементов питания почв ОАО «Ильиногорское», представленными в таблицах 6.6 и 6.7.

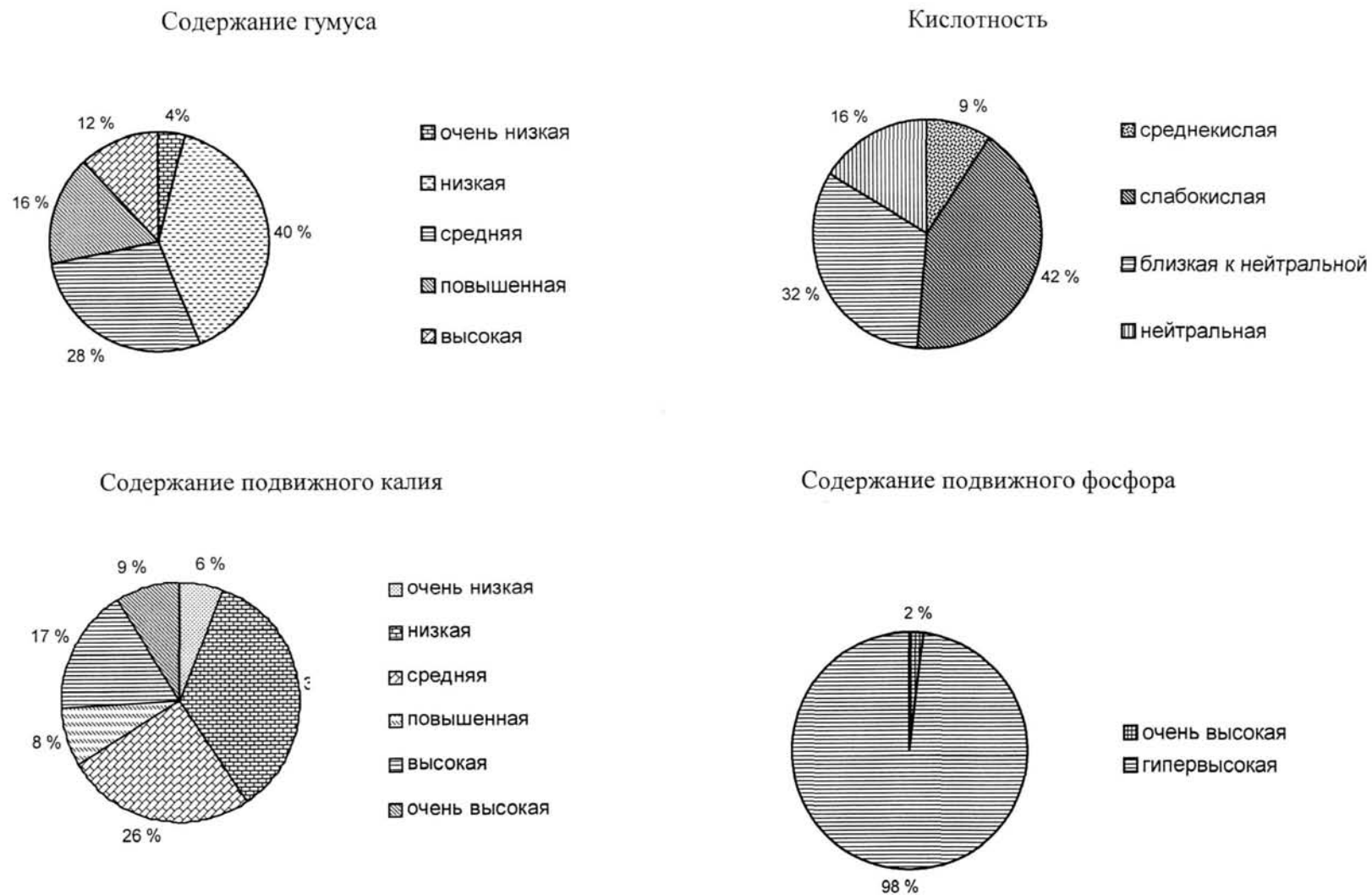


Рис. 10. Распределение пахотных почв ОАО «Ильиногорское» по обеспеченности факторами жизни растений, 1999 г.



Таблица 6.6

Хозяйственный вынос основных элементов питания урожаем, в среднем за 1999-2001 гг.

Культуры	Урожай ность, ц/га	Пло- щадь, га	Вынос 1 ц продукции, кг			Вынос урожаем с 1 га, кг			Вынос урожаем культуры с занимаемой площади, кг		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Многолетние травы, на зеленый корм <sup>*)</sup>	180	15	0,30	0,12	0,50	54,0	21,6	90,0	810	324	1 350
Многолетние травы, на сено <sup>*)</sup>	13	159	1,76	0,60	1,75	7,6	7,8	22,8	1 208	1 240	3 625
Однолетние травы, зеленая масса <sup>**)</sup>	180	250	0,30	0,25	0,50	54,0	45,0	90,0	13 500	11 250	22 500
Кукуруза на силос	310	106	0,26	0,13	0,43	80,6	40,3	133,3	8 544	4 272	14 130
Овес на зеленую массу	62	30	0,30	0,20	0,50	18,6	12,4	31,0	558	372	930
Картофель	240	10	0,60	0,20	0,90	144,0	48,0	216,0	1 440	480	2 160
Морковь	150	4	0,32	0,12	0,50	48,0	18,0	75,0	192	72	300
Свекла столовая	150	2	0,50	0,17	0,63	75,0	25,5	94,5	150	51	189
Сено естественных лугов	10	288	2,70	1,25	4,50	27,0	12,5	45,0	7 776	3 600	12 960
Всего		864							34 178	21 661	58 114
В среднем на га									39,6	25,1	67,3

Условные обозначения: <sup>\*)</sup> – клевер + тимофеевка;<sup>\*\*)</sup> – вико-овес.

Таблица 6.7

Среднегодовой баланс элементов питания  
по хозяйству ОАО «Ильиногорское»

№ п/п	Показатели	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Средневзвешенный вынос, кг/га	39,6	25,1	67,3
2	Средневзвешенное внесение удобрений, кг/га	241,1	271,3	94,1
3	Баланс, кг/га	201,5	246,2	26,8
4	Коэффициент возврата	6,1	10,8	1,4
5	Интенсивность баланса, %	610,0	1 080,0	140,0
6	Балансовый коэффициент использования удобрений, %	16,4	6,9	71,6

Основными культурами, составляющими основу севооборота в этом хозяйстве, являются однолетние и многолетние травы, возделываемые на зеленую массу, а также кукуруза, используемая в силосовании, уровень урожайности которых можно оценить как средний для Центрально-Нечерноземной зоны. Треть площадей, на которых утилизируется свиной навоз, составляют естественные сенокосы.

Все эти культуры обладают относительно высоким выносом калия (порядка 4 кг калия в сравнении с 2,7 кг азота на 1 ц сена), повышенным выносом азота и невысоким выносом фосфора. Суммарный вынос основных биогенных элементов урожаем, таким образом, представлен в основном калием, а на втором месте по выносу стоит азот.

В среднем с 1 га выносятся 39,6 кг азота, 25,1 кг фосфора и 67,3 кг калия, что позволяет с учетом насыщенности почв хозяйства органическими удобрениями сформировать в целом положительный баланс элементов питания. Однако наибольший коэффициент возврата соответствует фосфору (10,8), а наименьший – калию (1,4).

*Расчет балансового коэффициента использования удобрений подтвердил высокую усвояемость калия из свиного навоза возделываемыми в хозяйстве культурами (в среднем за годы исследования 72 %) и слабое использование азота – 16,4 %, что, по всей видимости, связано как с набором культур в севообороте, так и с характеристикой почвы (легкий гранулометрический состав, большие разовые объемы внесения удобрений, способствующие миграционным потерям, и естественная повышенная способность органических удобрений к минерализации и газообразным потерям азота). Коэффициент использования фосфора из свиного навоза сопоставим со среднестатистическими данными и подтверждает высокую способность фосфорорганических соединений свиного навоза к накоплению в почве.*

Этот же вывод можно подтвердить расчетом накопления фосфора в почве, основанном на среднегодовом его балансе, выраженном в мг на 1 кг почвы. Так, количество фосфора, ежегодно остающегося в почве – 246,2 кг/га, т.е. 82,1 мг  $P_2O_5$  на 1 кг почвы, что за 25 лет функционирования предприятия способствует его накоплению в почве на уровне 2053 мг/кг. Таким образом, запасы фосфора в почвах хозяйства позволяют получать высокие урожаи, а лимитирующим фактором, определяющим здесь возможный уровень урожайности, могут быть азот и калий.

Подводя итог вышеизложенному, следует подчеркнуть, что дерново-подзолистые почвы хозяйства претерпели существенные изменения вследствие оказываемого на них интенсивного антропогенного воздействия, связанного с утилизацией органических отходов крупного свиного комплекса. Среди наиболее значимых необходимо отметить следующие процессы:

- снижение обменной кислотности почвы ( $pH_{kcl}$  за рассматриваемый промежуток времени вырос в среднем на 1,2 единицы);
- увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия (в среднем значение  $P_2O_5$  возросло в 13,4 раза;  $K_2O$  – в 2 раза).

Выше отмеченные изменения в свойствах дерново-подзолистых супесчаных почв в целом можно охарактеризовать как позитивные, то есть положительно влияющие на почвенное плодородие. Однако аномально высокое содержание элементов питания, в частности фосфора, может приводить к ряду негативных последствий, среди которых необходимо отметить резкое нарушение соотношения между элементами питания в почве, возможное повышение поступления фосфатов в водоемы, что приведет к их усиленной эвтрификации, нарушение биогеохимического круговорота данного элемента и др. В связи с этим, *чрезмерное насыщение компонентов агроэкосистемы фосфором может рассматриваться как экологическая проблема, требующая разработки мер по минимизации возможных негативных последствий и предотвращения дальнейшего развития процесса зафосфачивания почв.*

## 6.2. Характеристика почв по степени загрязнения

### тяжелыми металлами

#### 6.2.1. Агроэкологическая оценка степени загрязнения почв хозяйства

1999 г. в рамках полного агрохимического обследования почв ОАО «Ильиногорское» было проведено исследование состояния пахотных угодий на содержание тяжелых металлов. Общая площадь обследованных земель составляет 1004 га. Свидетельством того, что все они являются полигонами для утилизации отходов животноводства, служат данные по содержанию подвижного фосфора в почвах данного хозяйства, которое колеблется в диапазоне от 407 до 4720 мг/кг, а средневзвешенный показатель составил 1359 мг/кг, что соответствует очень высокой степени обеспеченности почв по данному элементу.

На основе результатов агрохимического обследования было выявлено следующее (табл. 6.8 и 6.10).

Таблица 6.8

Содержание валовых форм тяжелых металлов  
в дерново-подзолистых супесчаных почвах, 1999 г.

№ участка	Площадь участка, га	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
1	26	3,65	0,30	3,13	16,00	5,29	1,53
2	18	6,91	0,63	14,89	13,93	3,51	4,67
3	30	4,74	0,42	7,61	29,83	5,83	3,83
4	11	5,29	0,49	15,98	45,03	9,08	7,71
6	23	4,81	0,46	10,33	39,56	4,96	5,01
13	10	6,48	0,53	5,80	32,37	8,28	6,93
14	21	5,20	0,53	4,95	25,38	6,89	6,73
15	33	4,46	0,46	4,00	18,46	3,33	3,85
16	68	4,42	0,44	3,66	26,28	2,48	2,13
17	30	4,46	0,48	3,78	32,99	3,27	2,81
18	17	4,37	0,40	2,10	28,35	1,85	1,29
19	14	4,38	0,42	2,54	39,30	1,54	1,26
20	12	5,23	0,49	3,66	14,08	2,49	2,49
21	28	3,91	0,38	2,39	16,68	1,55	1,27
22	37	4,13	0,39	2,46	14,29	1,33	1,15
23	32	4,55	0,45	5,22	33,78	2,69	2,07
27	14	5,06	0,38	4,09	25,73	12,99	10,48
28	24	3,94	0,40	3,35	21,16	2,63	1,74
29	21	3,92	0,41	2,84	17,00	2,73	1,72
30	14	4,63	0,50	2,60	21,57	3,20	2,75
31	16	4,80	0,42	3,57	25,81	2,89	3,75
32	9	4,22	0,48	2,50	15,49	3,06	2,67
33	54	4,29	0,40	3,89	21,66	2,70	2,17
34	13	4,85	0,46	4,33	25,45	4,90	3,26
35	51	4,72	0,50	2,77	17,69	2,45	1,87
36	21	4,40	0,48	2,76	15,82	3,56	3,22
37	6	4,71	0,47	3,54	19,76	3,75	2,67
38	85	5,82	0,49	5,66	15,74	3,54	3,14
ПДК (ОДК)		32,00	0,50	33,00	55,00	20,00	100,00
Фон <sup>*)</sup>		6,60	0,51	4,10	20,70	11,20	8,00

<sup>\*)</sup> – здесь и далее: усредненные данные по содержанию тяжелых металлов в генетически однотипной почве Левобережья Нижегородской области

Таблица 6.9

Содержание подвижных форм тяжелых металлов  
в дерново-подзолистых супесчаных почвах, 1999 г.

№ участ- ка	Площадь участка, га	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
1	26	1,12	0,08	0,17	2,49	0,31	0,17
2	18	1,63	0,33	1,18	5,10	0,20	0,57
3	30	1,17	0,13	0,52	10,45	0,50	0,42
4	11	1,58	0,12	0,98	27,84	1,06	0,62
6	23	1,43	0,10	0,63	16,04	0,69	0,48
13	10	1,07	0,22	0,20	2,46	0,47	0,31
14	21	0,92	0,07	0,22	2,85	0,66	0,33
15	33	0,55	0,12	0,28	4,97	0,56	0,20
16	68	1,22	0,09	0,17	3,36	0,22	0,22
17	30	1,35	0,09	0,13	3,42	0,28	0,15
18	17	0,50	0,07	0,11	2,09	0,14	0,17
19	14	1,39	0,12	0,11	1,70	0,11	0,27
20	12	0,55	0,17	0,34	7,89	0,44	0,34
21	28	0,57	0,13	0,12	2,68	0,13	0,20
22	37	0,39	0,13	0,13	1,98	0,10	0,19
23	32	1,18	0,13	0,27	6,21	0,23	0,24
27	14	0,78	0,15	0,40	5,81	0,81	0,67
28	24	0,84	0,09	0,12	1,62	0,19	0,13
29	21	0,73	0,17	0,13	1,72	0,17	0,20
30	14	0,15	0,15	0,13	1,76	0,26	0,18
31	16	0,36	0,19	0,18	2,92	0,17	0,22
32	9	0,22	0,11	0,13	1,46	0,33	0,22
33	54	0,70	0,18	0,23	3,33	0,22	0,15
34	13	0,22	0,09	0,17	2,77	0,25	0,18
35	51	0,51	0,12	0,12	1,60	0,23	0,12
36	21	0,33	0,20	0,10	1,02	0,37	0,28
37	6	0,26	0,11	0,11	1,32	0,27	0,20
38	85	1,41	0,14	0,69	7,83	0,86	0,31
ПДК (ОДК)		6,00	-	3,00	23,00	4,00	6,00
Фон <sup>*)</sup>		0,60	0,15	0,20	0,70	1,10	0,40

Сопоставление данных содержания тяжелых металлов в исследуемых почвах с нормативами предельно допустимых концентраций показало, что содержание валовых форм исследуемых элементов ниже ПДК, за исключением кадмия и цинка.

Таблица 6.10

Содержание валовых форм тяжелых металлов  
в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, 1999 г.

№ участка	Площадь участка, га	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
5	29	4,10	0,46	3,94	11,84	2,84	4,24
7	31	6,64	0,55	7,72	61,14	12,80	9,73
8	32	6,74	0,52	13,47	43,26	8,91	9,43
9	11	6,92	0,64	14,39	45,41	12,50	13,79
10	7	4,62	0,35	3,75	21,88	3,34	2,57
11	39	6,00	0,51	6,62	30,83	6,97	5,00
12	15	5,04	0,53	4,83	36,89	5,98	3,34
24	72	5,44	0,50	4,79	12,57	3,99	3,70
25	9	3,65	0,30	3,13	16,00	5,29	1,53
26	21	5,08	0,51	7,11	17,09	4,88	4,57
ПДК (ОДК)		32,00	0,50	33,00	55,00	20,00	100,00
Фон <sup>*)</sup>		6,60	0,51	4,10	20,70	11,20	8,00

Превышение содержания кадмия отмечено на 9 участках (2, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 26) и колеблется в пределах от 0,51 до 0,64 мг/кг, что соответствует превышению ПДК на 2-28 %. Содержание цинка выше норматива наблюдается лишь на 7<sup>ом</sup> паспортизируемом участке и составляет 61,14 мг/кг или 1,11 ПДК.

Общая площадь неблагополучных по данным элементам земель составила 198 га или 19,7 % от общей площади пашни. Максимальное содержание

свинца в почве составляет лишь 6,92 мг/кг (0,22 ПДК), меди – 15,98 мг/кг (0,65 ПДК), хрома – 13,79 мг/кг (0,14 ПДК), никеля – 12,99 мг/кг (0,65 ПДК).

Содержание подвижных форм рассматриваемых тяжелых металлов (табл. 6.9 и 6.11) в почвах хозяйства в целом также укладывается в нормативы предельно допустимой концентрации, за исключением цинка – превышение ПДК наблюдается на 4<sup>ом</sup> паспортизируемом участке и составляет 27,84 мг/кг, что соответствует 1,21 ПДК (площадь загрязненной поверхности составляет 1,1 % от всей площади пашни).

Таблица 6.11

Содержание подвижных форм тяжелых металлов  
в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, 1999 г.

№ участка	Площадь участка, га	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
5	29	0,91	0,22	0,47	8,18	0,93	0,26
7	31	0,93	0,16	0,30	5,10	0,69	0,32
8	32	1,41	0,17	0,77	18,11	0,54	0,51
9	11	2,35	0,14	0,72	21,28	1,18	0,63
10	7	1,11	0,18	0,15	2,17	0,14	0,17
11	39	0,48	0,15	0,17	2,45	0,27	0,20
12	15	0,96	0,16	0,18	2,14	0,41	0,18
24	72	1,05	0,12	0,30	6,42	0,53	0,30
25	9	1,12	0,08	0,17	2,49	0,31	0,17
26	21	1,66	0,22	0,64	11,79	1,09	0,30
ПДК (ОДК)		6,00	-	3,00	23,00	4,00	6,00
Фон <sup>*)</sup>		0,60	0,51	0,20	0,70	1,10	0,40

*Данные агроэкологического обследования были обработаны методами непараметрической статистики, в результате чего выявлена корреляционная зависимость между валовым содержанием определяемых экотоксикан-*



тов (табл. 6.12, Приложение 9). Данный факт является еще одним подтверждением того, что все перечисленные поллютанты имеют один источник происхождения – органические мелиоранты, широко используемые в данном хозяйстве.

Таблица 6.12

Анализ корреляционной зависимости  
между содержанием валовых форм тяжелых металлов в почве

Показатели	Дерново-подзолистая супесчаная					Дерново-подзолистая легкосуглинистая				
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni
Cd	**					**				
Cu	**	*				**	**			
Zn	—	—	—			*	*	*		
Ni	**	—	**	—		*	*	*	**	
Cr	**	**	**	—	**	**	**	**	—	*

\* - достоверно при 05 % уровне значимости

\*\* - достоверно при 01 % уровне значимости

Единственным элементом, чье содержание находится вне установленной зависимости, является цинк. Особое положение данного токсиканта связано с ненормированным содержанием этого элемента в органических удобрениях, что обусловлено, в свою очередь, технологическими особенностями формирования животноводческих стоков, а также с деятельностью близлежащих промышленных предприятий: гг. Н. Новгорода и Дзержинска.

Анализ отношения содержания подвижных форм элементов к их валовому содержанию в исследуемой почве приведены в таблице 6.13.

Считается, что в незагрязненных почвах доля подвижных форм тяжелых металлов от их валового содержания составляет 5-20% (Волошин Е.И., 2001, Водяницкий Ю.Н., Большаков В.А., 1998), а в исследуемых нами дерново-подзолистых она составила 6-30 %. Результаты расчетов показывают, что наибольшей изменчивости подвержен цинк, коэффициент вариации доли подвижных форм которого составил в среднем 83 %, что является след

Таблица 6.13

Доля подвижных форм тяжелых металлов по отношению к их валовому содержанию

Тип почвы	Число участков	Показатели	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
Дерново-подзолистая супесчаная	28	lim	0,32 – 0,03	0,52 – 0,13	0,12 – 0,03	0,62 – 0,04	0,24 – 0,05	0,21 – 0,04
		M ± m	0,18 ± 0,02	0,30 ± 0,10	0,06 ± 0,02	0,19 ± 0,03	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01
		V, %	51	33	36	84	48	45
Дерново-подзолистая легкосуглинистая	10	lim	0,34 – 0,08	0,51 – 0,22	0,12 – 0,03	0,69 – 0,06	0,33 – 0,04	0,11 – 0,03
		M ± m	0,23 ± 0,02	0,34 ± 0,03	0,06 ± 0,01	0,29 ± 0,08	0,11 ± 0,03	0,06 ± 0,01
		V, %	33	30	46	82	86	38
Фон <sup>*)</sup> , %	-		0,09	0,29	0,05	0,03	0,10	0,05

Условные обозначения: <sup>\*)</sup> – отношение фонового содержания подвижных форм тяжелых металлов к валовому содержанию;

ствием непрогнозируемого уровня загрязнения по данному элементу. При этом доля подвижных форм цинка возросла по сравнению с фоновым значением в 6,3 раза на супесчаной почве и в 9,6 раза – на легкосуглинистой. Еще одним экотоксикантом, по которому зарегистрировано увеличение уровня содержания подвижных форм от валового содержания, является свинец – увеличение в среднем составило 2,3 раза по отношению к фоновому показателю. Причем, для свинца и цинка выявлены сходные тенденции: в супесчаных почвах доля их подвижных форм несколько ниже, чем в легкосуглинистых, что связано, по всей видимости, с вымыванием водорастворимых солей в низлежащие горизонты (Потатуева Ю.А. и др., 2001).

Однако не стоит забывать, что использование в экологических исследованиях только значения ПДК не позволяет реально оценить степень загрязнения территории. Педогеохимическая индикация загрязнения почв и оценка экологической опасности тяжелых металлов, накапливающихся в почвах в результате антропогенного, в том числе и сельскохозяйственного загрязнения, предусматривает сопоставление загрязненных почв с их фоновыми аналогами или кларками литосферы, дающими представление о природном количестве элемента в земной коре.

Для количественной оценки степени загрязнения почв рассчитан коэффициент техногенной концентрации элемента ( $K_c$ ), показывающий, во сколько раз содержание элемента в исследуемых почвах выше его содержания в фоновых почвах. Для очагов полиэлементного загрязнения дополнительно производился расчет суммарного показателя загрязнения ( $Z_c$ ) (Державин Л.М., Фрид А.С., Янишевский Ф.В., 1999). Результаты расчетов приведены в таблицах 6.14 и 6.15 (расчеты сделаны по валовым запасам), а также 6.16 и 6.17 (коэффициенты рассчитаны по содержанию подвижных соединений элементов). За фон принято содержание элемента в валовой или подвижной форме, определенное в аналогичной по генетическим параметрам почве, не

Таблица 6.14

Количественная оценка степени загрязнения почв по валовому содержанию  
тяжелых металлов в дерново-подзолистой супесчаной почве

№ участ- ка	Пло- щадь га	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг	Коэффициент техногенной концентрации элемента, K <sub>c</sub>						Суммарный показатель загрязнения, Z <sub>c</sub>
			Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr	
1	26	700	0,55	0,59	0,76	0,77	0,47	0,19	-
2	18	1805	1,07	1,24	3,60	0,67	0,31	0,58	3,91
3	30	2427	0,72	0,82	1,86	1,44	0,52	0,48	2,30
4	11	4720	0,80	0,96	3,90	2,18	0,81	0,96	5,08
6	23	2340	0,73	0,90	2,52	1,91	0,44	0,63	3,43
13	10	720	0,98	1,04	1,41	1,56	0,74	0,87	2,01
14	21	1975	0,79	1,04	1,21	1,23	0,62	0,84	1,48
15	33	1257	0,68	0,90	0,98	0,89	0,30	0,48	-
16	68	1137	0,67	0,86	0,89	1,27	0,22	0,27	-
17	30	1390	0,68	0,94	0,92	1,59	0,29	0,35	-
18	17	762	0,66	0,78	0,51	1,37	0,17	0,16	-
19	14	1375	0,66	0,82	0,62	1,90	0,14	0,16	-
20	12	2360	0,79	0,96	0,89	0,68	0,22	0,31	-
21	28	860	0,59	0,75	0,58	0,81	0,14	0,16	-
22	37	1077	0,63	0,76	0,60	0,69	0,12	0,14	-
23	32	1840	0,69	0,88	1,27	1,63	0,24	0,26	1,9
27	14	1750	0,77	0,75	1,00	1,24	1,16	1,31	1,71
28	24	407	0,60	0,78	0,82	1,02	0,23	0,22	-
29	21	613	0,59	0,80	0,69	0,82	0,24	0,22	-
30	14	530	0,70	0,98	0,63	1,04	0,29	0,34	-
31	16	1140	0,73	0,82	0,87	1,25	0,26	0,47	-
32	9	860	0,64	0,94	0,61	0,75	0,27	0,33	-
33	54	1026	0,65	0,78	0,95	1,05	0,24	0,27	-
34	13	1660	0,73	0,90	1,06	1,23	0,44	0,41	1,29
35	51	848	0,72	0,98	0,68	0,85	0,22	0,23	-
36	21	1015	0,66	0,94	0,67	0,76	0,32	0,40	-
37	6	750	0,71	0,92	0,86	0,95	0,33	0,33	-
38	85	874	0,88	0,96	1,4	0,76	0,32	0,39	-

Таблица 6.15

Количественная оценка степени загрязнения почв подвижными формами  
тяжелых металлов в дерново-подзолистой супесчаной почве

№ участка	Площадь га	рН <sub>KCl</sub>	Коэффициент техногенной концентрации элемента, K <sub>c</sub>						Суммарный показатель загрязнения, Z <sub>c</sub>
			Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr	
1	26	4,9	1,87	0,53	0,85	3,56	0,28	0,43	4,43
2	18	5,2	2,72	2,20	5,90	7,29	0,18	1,43	14,59
3	30	6,0	1,95	0,87	2,60	14,93	0,45	1,05	17,53
4	11	5,8	2,63	0,80	4,90	39,77	0,96	1,55	45,85
6	23	5,7	2,38	0,67	3,15	22,91	0,63	1,20	26,64
13	10	5,7	1,78	1,47	1,00	3,51	0,43	0,78	4,76
14	21	6,4	1,53	0,47	1,10	4,07	0,60	0,83	4,70
15	33	5,3	0,92	0,80	1,40	7,10	0,51	0,50	7,50
16	68	5,7	2,03	0,60	0,85	4,80	0,20	0,55	5,83
17	30	4,9	2,25	0,60	0,65	4,89	0,25	0,38	6,14
18	17	5,4	0,83	0,47	0,55	2,99	0,13	0,43	-
19	14	5,0	2,32	0,80	0,55	2,43	0,10	0,68	3,75
20	12	5,4	0,92	1,13	1,70	11,27	0,40	0,85	12,1
21	28	5,7	0,95	0,87	0,60	3,83	0,12	0,50	-
22	37	5,3	0,65	0,87	0,65	2,83	0,09	0,48	-
23	32	5,1	1,97	0,65	1,35	8,87	0,21	0,60	9,22
27	14	5,3	1,30	1,00	2,00	8,30	0,74	1,68	10,28
28	24	5,4	1,40	0,60	0,60	2,31	0,17	0,33	2,71
29	21	5,4	1,22	1,13	0,65	2,46	0,15	0,50	2,81
30	14	5,2	0,25	1,00	0,65	2,51	0,24	0,45	-
31	16	6,6	0,60	1,27	0,90	4,17	0,15	0,55	4,44
32	9	6,5	0,37	0,73	0,65	2,09	0,30	0,55	-
33	54	5,5	1,17	1,20	1,15	4,76	0,20	0,38	5,28
34	13	6,2	0,37	0,60	0,85	3,96	0,23	0,45	-
35	51	5,6	0,85	0,80	0,60	2,29	0,21	0,30	-
36	21	6,6	0,55	1,33	0,50	1,46	0,34	0,70	1,79
37	6	5,4	0,43	0,73	0,55	1,89	0,25	0,50	-
38	85	6,6	2,35	0,93	3,45	11,19	0,78	0,78	14,99

Таблица 6.16

Количественная оценка степени загрязнения почв  
по валовому содержанию тяжелых металлов  
в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

№ участка	Площадь га	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг	Кэффициент техногенной концентрации элемента, K <sub>c</sub>						Суммарный показатель загрязнения, Z <sub>c</sub>
			Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr	
5	29	2137	0,62	0,90	0,96	0,57	0,25	0,53	-
7	31	937	1,01	1,08	1,88	2,95	1,14	1,22	4,28
8	32	2443	1,02	1,02	3,29	2,09	0,80	1,18	4,60
9	11	3015	1,05	1,25	3,51	2,19	1,12	1,72	5,89
10	7	2230	0,70	0,69	0,91	1,06	0,30	0,32	-
11	39	1008	0,91	1,00	1,61	1,49	0,62	0,63	2,1
12	15	810	0,76	1,04	1,18	1,78	0,53	0,42	2,0
24	72	1851	0,82	0,98	1,17	0,61	0,36	0,46	-
25	9	-	0,55	0,59	0,76	0,77	0,47	0,19	-
26	21	1585	0,77	1,00	1,73	0,83	0,44	0,57	-

подвергавшейся антропогенному влиянию в течение последних лет (данные ФГУ "Центр агрохимической службы «Нижегородский»").

Анализ данных таблиц 6.14 и 6.16 свидетельствует, что на отдельных участках наблюдается превышение содержания валовых форм тяжелых металлов по отношению к фоновым значениям. Превышение содержания по двум и более элементам наблюдается на 14<sup>ти</sup> участках из рассматриваемых 38<sup>и</sup>. При этом общая площадь загрязнения земель составляет 300 га (30 %), а уровень загрязнения является низким. Доминирующее положение из загрязнителей занимает цинк, второе место принадлежит меди, а третье – кадмию.

Данные таблиц 6.15 и 6.17 позволяют более реально оценить сложившуюся ситуацию с загрязнением почв тяжелыми металлами, так как в их ос-

нову положены данные содержания подвижных форм рассматриваемых элементов, которые являются более доступными в питании растений (Садовникова Л.К., 1997). При этом складывающаяся картина выглядит менее оптимистичной по сравнению с картиной загрязнения валовыми формами тяжелых металлов. Выявлено, что 29 из рассматриваемых 38<sup>н</sup> участков подвержены загрязнению двумя и более элементами.

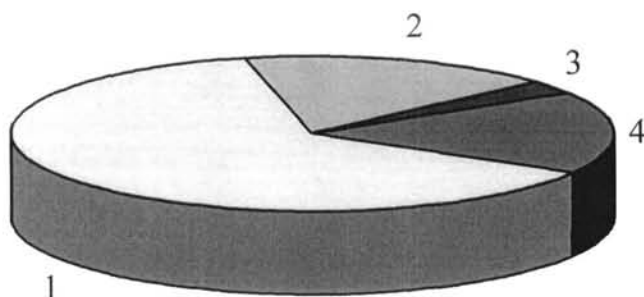
Таблица 6.17

Количественная оценка степени загрязнения почв  
подвижными формами тяжелых металлов  
в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

№ участка	Площадь га	рН <sub>КС</sub>	Коэффициент техногенной концентрации элемента, К <sub>с</sub>						Суммарный показатель загрязнения, Z <sub>с</sub>
			Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr	
5	29	5,5	1,52	1,47	2,35	11,6	0,85	0,65	25,03
7	31	5,3	1,55	1,07	1,50	7,29	0,63	0,80	8,46
8	32	5,9	2,35	1,13	3,85	25,87	0,49	1,28	30,48
9	11	5,4	3,92	0,93	3,60	30,40	1,07	1,58	36,57
10	7	5,4	1,85	1,20	0,75	3,10	0,13	0,43	4,15
11	39	5,2	0,80	1,00	0,85	3,50	0,25	0,50	-
12	15	5,0	1,60	1,07	0,90	3,06	0,37	0,45	3,73
24	72	6,0	1,75	0,80	1,50	9,17	0,48	0,75	10,42
25	9	-	1,87	0,53	0,85	3,56	0,28	0,43	4,43
26	21	5,2	2,77	1,47	3,20	16,84	0,99	0,75	21,28

Общая площадь загрязнения составляет 790 га (79 %), уровень загрязнения варьирует от низкого до высокого. Площадь земель с низким уровнем загрязнения составляет 633 га, что соответствует 80 % площади всех загрязненных земель (или 63 % площади пашни).

Средний уровень загрязнения наблюдается на площади в 135 га – 17 % загрязненных земель или 13 % всей пашни. Оставшиеся 22 га – земли с высоким уровнем загрязнения, что составляет 3 % всех загрязненных земель (2 % общей площади пашни) (рис. 11).



Условные обозначения:

- 1 – доля земель с низким уровнем загрязнения ( $Z_c = 0-16$ );
- 2 – доля земель со средним уровнем загрязнения ( $Z_c = 16-32$ );
- 3 – доля земель с высоким уровнем загрязнения ( $Z_c = 32-128$ );
- 4 – доля незагрязненных земель

Рис. 11. Соотношение площадей земель с различным уровнем загрязнения

Среди элементов доминирующим загрязнителем является цинк. Доказательством этого служит коэффициент техногенной концентрации данного элемента – он выше единицы на всех изучаемых участках: минимальное значение данного показателя – 1,46 (36 участок), а максимальное – 39,77 (4 участок).

Вторым по степени значимости в загрязнении является свинец, несмотря на то, что содержание валовых форм этого элемента не превышает фоновых значений. Третье место среди загрязнителей делят два элемента – кадмий и медь. По свинцу максимальное превышение фона составляет 3,9 раза, по меди – 5,9 раз, а по кадмию – 2,2 раза. При аналогичном комплексном исследовании сырьевой зоны Нижегородского молочного комбина-



та выявлена сходная тенденция увеличения содержания цинка и меди на прилегающей к источнику загрязнения территории, о чем свидетельствуют исследования В.Н. Чичаевой, Е.Д. Кашиной, О.Н. Стукачевой (1999).

В целом обеспеченность пахотных угодий хозяйства тяжелыми металлами можно охарактеризовать следующими цифрами (табл. 6.18)

Таблица 6.18

Средневзвешенное содержание ТМ (валовые формы)  
в пахотных почвах ОАО «Ильиногорское»

Показатели	Pb	Cd	Zn	Ni
В среднем по хозяйству	4,94	0,46	23,77	4,31
в т.ч. в почвах:				
- супесчаных	4,70	0,45	22,25	3,53
- суглинистых	5,60	0,50	27,97	6,48
Фон	6,60	0,51	20,70	11,20

*Они еще раз подтверждают, что за анализируемые годы чрезмерного накопления тяжелых металлов (за исключением цинка) в почвах анализируемого хозяйства не отмечено.*

#### 6.2.2. Оценка влияния свиного навоза на загрязненность почв тяжелыми металлами в условиях эксперимента

Изучение влияния повышенных доз органических удобрений на агрохимические свойства почвы в строго контролируемых условиях полевых или вегетационно-полевых опытов является весьма актуальным, так как позволяет установить не только направленность изменений, но и количественные связи между наблюдаемыми явлениями. Подобное исследование было проведено в период 1996-2002 гг. путем постановки вегетационно-полевого опыта.

Данные агрохимического обследования почвы на момент закладки опыта (1996 г.) и по истечении 7 лет исследований (2002 г.) приведены в таблице 6.19.

Таблица 6.19

Влияние жидкого свиного навоза  
на динамику агрохимических показателей

Вариант	Гу-мус, %	pH <sub>KCl</sub>	S	Нг	T	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			мг-экв на 100 г почвы				мг/кг	
На момент закладки опыта <sup>*)</sup>	1,30	5,6	8,43	1,80	10,23	82	970	79
Контроль	1,06	5,5	8,75	1,52	10,27	85	650	28
ЖСН-200	1,16	5,4	8,59	1,84	10,43	82	1064	50
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	1,17	5,1	8,27	1,70	9,97	83	586	49
HCP <sub>05</sub>		0,2					67	10

<sup>\*)</sup> – образец почвы 1996 г. проанализирован в 2002 г.

Они позволяют выявить следующие изменения. В почве удобряемых вариантов (с внесением свиного навоза и минеральных азотных и калийных удобрений) намечается тенденция к увеличению кислотности, подтверждением чего служит смещение реакции среды из области близкой к нейтральной (на момент закладки опыта) в слабокислую. Можно предположить, что отмеченное увеличение кислотности обусловлено внесением минеральных и органических удобрений, что косвенно подтверждается сохранением реакции среды в области близкой к нейтральной на варианте без использования удобрений.

Содержание фосфора снизилось на фоне внесения минеральных удобрений (на 37 %) и на удобренном фоне, претерпевшем длительное внесение свиного навоза (снижение составило 30 %), что естественно для вариантов, где не вносились дополнительные источники фосфора в виде минеральных или органических удобрений. В варианте с внесением жидкого беспод-

стилочного свиного навоза в дозе 200 м<sup>3</sup>/га содержание фосфора возросло с 970 мг/кг до 1 064 мг/кг, то есть увеличение за 7 лет составило 114 %, что сопоставимо с динамикой изменения фосфора в почвах хозяйства (за 7 лет, с 1994 по 2001 гг., средневзвешенный показатель содержания подвижных соединений фосфора в почвах ОАО «Ильиногорское» увеличился на 107 %). Содержание калия достоверно снизилось во всех вариантах опыта: на 40 % в вариантах с внесением удобрений и на 66 % на варианте без внесения удобрений.

Оценка влияния систематического применения высоких доз свиного бесподстилочного навоза на агроэкологические свойства почв проводилась на основе анализа данных по содержанию в опытной (исследуемой) почве тяжелых металлов. Сопоставлялись данные по содержанию валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве на момент закладки опыта (1996 г.) и аналогичные данные по содержанию этих элементов в почве опытных вариантов в 2002 году.

*Следует обратить внимание на то, что в опыте использовалась почва сельхозугодий ОАО «Ильиногорское», длительное время удобрявшаяся высокими и очень высокими дозами жидкого свиного навоза. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в данной почве на момент закладки опыта было существенно ниже норм предельно допустимых концентраций по данным элементам (табл. 6.20).*

Так, содержание свинца ниже уровня ПДК в 5 - 14 раз, цинка – в 3-3,5 раза, никеля – в 5-10 раз, хрома – в 7-31 раз. И лишь содержание валовой формы кадмия превысило ПДК в 1,14 раз.

Общеизвестно, что применение органических удобрений способствует увеличению концентрации тяжелых металлов в почве, так как все формы органических удобрений содержат в своем составе обильный спектр сопутствующих элементов, в том числе и тяжелых металлов. В одном килограмме жидкого свиного навоза, производимого в данном хозяйстве, при естествен-

ной влажности в среднем содержится 1,4 мг свинца, 5,6 мг цинка, 1,3 мг никеля, 0,02 мг хрома, 0,01 мг кадмия.

Таблица 6.20

Влияние жидкого свиного навоза  
на накопление тяжелых металлов в почве

№ варианта	Варианты опыта	Содержание тяжелых металлов, мг/кг				
		Pb	Cd	Zn	Ni	Cr
валовая форма*						
На момент закладки опыта (1996 г.)		6,85	0,57	19,29	3,99	14,01
1	Контроль	6,80	0,43	19,15	3,89	13,33
2	ЖСН-200	6,45	0,55	32,36	3,27	13,24
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	6,61	0,50	24,13	3,08	13,16
	<i>ПДК</i>	<i>32,00</i>	<i>0,50</i>	<i>55,00</i>	<i>20,00</i>	<i>100,00</i>
подвижная форма**						
На момент закладки опыта (1996 г.)		0,43	0,11	4,93	0,40	0,19
1	Контроль	0,51	0,13	3,93	0,31	0,26
2	ЖСН-200	0,69	0,15	5,03	0,45	0,09
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	0,50	0,14	3,24	0,34	0,17
	<i>ПДК</i>	<i>6,00</i>	<i>-</i>	<i>23,00</i>	<i>4,00</i>	<i>6,00</i>

\*- валовая форма - вытяжка 5М HNO<sub>3</sub>

\*\* - подвижная форма – вытяжка ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8

Основываясь на этих цифрах, можно подсчитать, что ежегодно в исследуемую почву варианта с внесением свиного навоза в дозе 200 м<sup>3</sup>/га привносится около 0,11 мг свинца, 0,39 мг цинка, 0,09 мг никеля, 0,001 мг кадмия в расчете на 1 кг почвы. Однако приведенные в таблице данные показывают, что содержание валовых форм свинца, кадмия, никеля и хрома осталось практически неизменным во всех опытных вариантах (полученные данные находятся в пределах ошибки определения). Валовое содержание цинка увеличилось лишь в вариантах с внесением удобрений: в варианте с внесением

свиного навоза в 1,7 раза, а в варианте с применением азотных и калийных удобрений – в 1,3 раза.

Отсутствие накопления подавляющего количества тяжелых металлов в почве объясняется лишь тем, что вынос элементов культурами превышал их поступление с удобрениями. И только цинк оказался единственным элементом, поступление которого не компенсировалось выносом, что привело к его накоплению в почве удобряемых вариантов.

*Соотнося расчетные данные по количеству поступающих с жидким свиным навозом тяжелых металлов с их реальным содержанием в почве, можно с достаточной обоснованностью утверждать, что вынос этих элементов в варианте с внесением свиного навоза существенно выше, чем в варианте с применением азотных и калийных удобрений и в варианте с не удобрявшейся почвой, претерпевшей ранее длительное внесение органических удобрений. Отчасти это объясняется повышенной урожайностью данного варианта в сочетании с возможным влиянием растений на переход закрепленных форм тяжелых металлов в подвижные, а отчасти, возможно, - изменением физиологического состояния растений, которые становятся более восприимчивыми к тяжелым металлам.*

Анализ данных по содержанию подвижных форм тяжелых металлов выявил, что содержание свинца и кадмия увеличилось во всех вариантах опыта, цинка и никеля – только в варианте с внесением свиного навоза, а хрома – в контрольном варианте без внесения удобрений. Можно предположить, что переходу тяжелых металлов из закрепленного состояния в подвижные формы способствовало снижение кислотности, а также влияние корневых выделений опытных растений (особенно третьей многолетней опытной культуры, возделываемой четыре года – рапонтника сафлоровидного).

Также можно опосредованно говорить о стимуляции почвенной микрофлоры (и за счет выращиваемых растений, и за счет вносимых удобрений), которая способствовала переводу элементов в подвижную фракцию. Так, на-

пример, исследованиями Д.И. Башмакова и А.С. Лукаткина (2002) установлено, что изменение кислотности почв влияет на доступность и накопление тяжелых металлов растениями.

Если принять данные по содержанию исследуемых элементов в почве на момент закладки опыта за фоновые значения (условный фон), то можно рассчитать коэффициент техногенной концентрации элемента ( $K_c$ ) и суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) почв тяжелыми металлами в строго контролируемых условиях эксперимента с внесением конкретной дозы жидкого свиного навоза, соответствующей, тем не менее, среднегодовой насыщенности анализируемого хозяйства по данному показателю (табл. 6.21).

Таблица 6.21

Количественная оценка загрязнения почв тяжелыми металлами  
в вегетационно-полевом опыте за 7 лет исследований, 1996-2002 гг.

Варианты	Коэффициенты техногенной концентрации элемента, $K_c$					Суммарный показатель загрязнения, $Z_c$
	Pb	Cd	Zn	Ni	Cr	
по валовому содержанию						
Контроль	0,99	0,75	0,99	0,97	0,95	-
ЖСН-200	0,94	0,96	1,68	0,82	0,95	1,68
$N_{100}K_{200}$	0,96	0,88	1,25	0,77	0,92	1,25
по подвижным соединениям						
Контроль	1,19	1,18	0,80	0,78	1,37	3,74
ЖСН-200	1,60	1,36	1,02	1,13	0,47	5,11
$N_{100}K_{200}$	1,16	1,27	0,66	0,85	0,89	2,43

Установлено, что загрязнение удобрявшейся почвы, ранее претерпевшей внесение повышенных доз свиного навоза, выше, чем почв варианта с внесением азотных и калийных удобрений. Объяснение этому, вероятнее всего, следует искать в том, что урожайность контрольного варианта была существенно ниже варианта с применением минеральных удобрений и, соот-

ветственно, низкий вынос элементов биомассой растений способствовал сохранению подвижных форм тяжелых металлов в почве.

В целом анализ суммарного показателя загрязнения выявил, что по валовым формам тяжелых металлов загрязнение произошло только на вариантах с применением удобрений (уровень загрязнения низкий). По подвижным формам металлов загрязнены почвы всех трех вариантов, причем наибольший уровень загрязнения соответствует варианту с внесением свиного навоза в дозе 200 м<sup>3</sup>/га (5,11), а наименьший - варианту с внесением азотных и калийных минеральных удобрений (2,43).

### 6.3. Микробиологическая активность почв хозяйства

Показатели биологической активности, являясь интегральными характеристиками системы, позволяют судить о суммарном влиянии всех факторов, в том числе и антропогенной составляющей, действующих на почву. Они могут использоваться в целях ранней диагностики негативных изменений состояния почвенно-биотического комплекса, особенно при утилизации в агроэкосистеме больших количеств органических отходов промышленного животноводства.

Многочисленными исследованиями (Аристовская Т.В., 1965; Мишустин Е.Н., 1972; Чундерова А.И., 1976; Миненко А.К., 1977, 1981; Николаенко Ж.И. и др., 1981; Минеев В.Г. и др., 1999 и т.д.) установлено, что применение удобрений, в т.ч. органических, значительно влияет на биологические свойства почвы. Однако большинство наблюдений проводилось в опытах с использованием «стандартных» органических удобрений – навоза крупного рогатого скота и компостов на его основе. Но в последние десятилетия XX века в практике сельского хозяйства широкое распространение получил еще один вид органических удобрений – свиной навоз. Причиной широкого применения этого органического удобрения явилось активное внедрение в сель-

скохозяйственное производство промышленных способов ведения хозяйства, а именно строительство крупных свинокомплексов. Свиной навоз, образующийся на таких комплексах в результате их функционирования, значительно отличается от обычных видов органических удобрений, исторически используемых в сельском хозяйстве, не только по физическим свойствам, но и по химическому составу и санитарно-гигиенической характеристике. Все это оказывает разностороннее влияние на микробиоту почвы, изменяя не только интенсивность, но и направленность биологических процессов. Длительное же внесение высоких доз таких удобрений (что наблюдается в границах землепользования крупных свинокомплексов) может оказать еще большее влияние, чем разовое.

В этой связи нами было принято решение исследовать характер изменения некоторых показателей биологических свойств почвы при активном удобрении ее жидким свиным навозом. Исследования проведены в вегетационно-полевых опытах кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА. Однако следует еще раз подчеркнуть, что эти опыты заложены на почвах, длительное время до этого (не менее 20 лет) удобрявшиеся этим видом органических удобрений. Такие почвы использовали в опытах как контрольный вариант, наблюдая за изменением их свойств после прекращения внесения в них органических удобрений. Основной опытный вариант в этих опытах – продолжающееся внесение органических удобрений (во всех опытах это 2<sup>й</sup> вариант) в дозе 200 т/га, что соответствует средней насыщенности для анализируемого хозяйства. Третий вариант выбран для сравнения и представляет собой одно из направлений оптимизации состояния почв, испытывавших огромную нагрузку в виде длительного внесения отходов свинокомплексов, которое заключается в переводе их на минеральную систему удобрения сельскохозяйственных культур.

Все опыты проведены с использованием вегетационно-полевого метода, широко распространенного в практике опытного дела.



### 6.3.1. Биологические свойства систематически удобрявшейся почвы под травостоем левзеи сафлоровидной

Показатели биологической активности почв зависят от действия многих факторов, в т.ч. и от погодных условий. В связи с этим, прежде чем выявлять направленность их изменений под влиянием антропогенной деятельности (длительного применения высоких доз свиного навоза), целесообразно рассмотреть сезонную динамику данных показателей.

Анализ литературных данных (Ильина Т.К. и др., 1977; Лисовая А.П. и др., 1984; Минеев В.Г. и др., 1998 и др.) показал, что публикаций по влиянию свиного навоза на биологию почвы крайне мало, хотя данный вид органического удобрения широко применяется, особенно в хозяйствах свиноводческого направления. Исследования по влиянию свиного навоза на жизнедеятельность почвенного микробонаселения проведены в 1999–2000 гг. в опыте с левзеей сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*). Полученные в ходе исследования данные представлены в таблице 6.22 и на рис. 12.

Анализируя полученные данные, прежде всего, следует отметить, что биологическая активность почв подвержена временным годичным изменениям. Причем амплитуда колебаний отдельных показателей биологической активности связана, очевидно, с воздействием внешних факторов, таких как погодные условия, наличие подходящего для того или иного микробиологического процесса субстрата, наличие различных микробных токсинов, подавляющих деятельность микроорганизмов и т.д.

Представленные результаты говорят о том, что для 2000 года характерна несколько большая ферментативная активность по сравнению с 1999 годом. В то же время в 1999 году чуть выше интенсивность дыхания и нитрифицирующая способность почвы. Характерное распределение минимальных и максимальных значений показателей биологической активности между вариантами в зависимости от периода отбора почвенных проб по го-

Таблица 6.22

## Сезонная динамика показателей биологической активности

дерново-подзолистой супесчаной почвы

под посевами левзеи (рапонтника сафлоровидного)

№	Вариант опыта	04 мая		14 июля		8 сентября		2 ноября	
		1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Инвертаза, мг глюкозы/г/сутки									
1	Контроль	5,9	6,4	31,5	46,6	20,5	28,2	12,0	20,4
2	ЖСН-200	17,0	16,9	46,9	49,2	29,4	34,4	25,0	32,4
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	14,2	9,8	44,2	47,9	28,5	34,3	20,9	30,8
	HCP <sub>05</sub>	3,2	3,2	9,9	2,6	4,8	5,2	3,6	4,7
Каталаза, мл O <sub>2</sub> /г/мин									
1	Контроль	0,5	0,9	1,1	1,0	1,4	1,3	1,1	1,0
2	ЖСН-200	0,8	1,1	1,4	1,4	1,6	1,6	1,3	1,2
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	0,8	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	0,8	1,2
	HCP <sub>05</sub>	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
Нитрифицирующая способность, мг NO <sub>3</sub> /100 г									
1	Контроль	2,6	2,8	13,3	10,1	0,4	0,7	0,2	0,4
2	ЖСН-200	5,0	4,1	23,8	20,7	1,2	2,4	0,7	1,6
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	2,9	3,2	21,8	18,7	0,8	1,0	0,5	0,7
	HCP <sub>05</sub>	1,0	0,8	4,3	4,5	1,0	0,8	0,3	0,3
Целлюлозоразлагающая способность, %									
1	Контроль	35,5	66,6	18,8	12,1	59,4	60,1	31,8	37,0
2	ЖСН-200	44,6	42,3	29,6	10,1	71,8	65,8	39,3	40,7
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	30,7	45,1	24,3	10,1	78,7	73,5	49,4	49,8
	HCP <sub>05</sub>	4,1	4,4	2,5	1,8	2,9	4,1	2,1	3,1
Дыхание почвы, мг CO <sub>2</sub> /10 г/сутки									
1	Контроль	3,5	0,4	3,1	0,5	0,9	0,5	0,5	0,9
2	ЖСН-200	3,4	0,4	3,3	0,7	1,2	0,6	0,7	1,0
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	3,3	0,3	3,8	0,7	2,1	0,7	1,6	2,5
	HCP <sub>05</sub>	0,5	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,5

1999 год  
Интенсивность микробиологических процессов - дыхание почвы

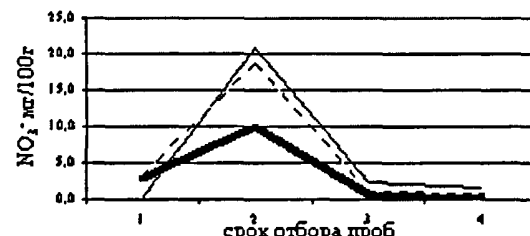
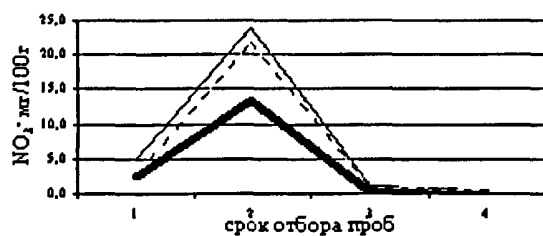
2000 год



Целлюлозоразрушающая способность

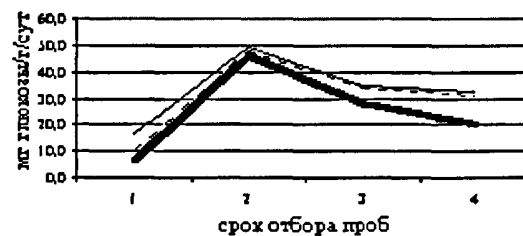
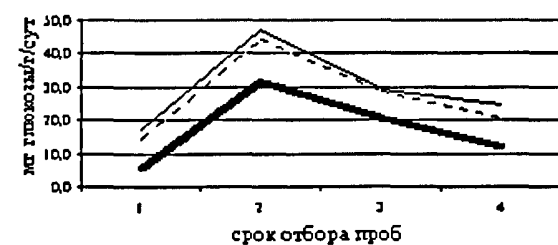


Нитрифицирующая способность

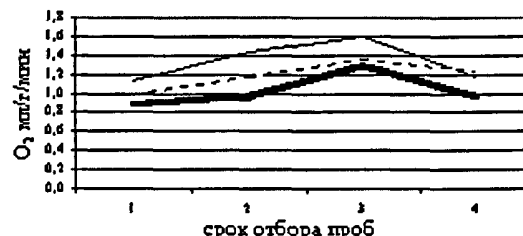


Ферментативная активность

1. Активность инвертазы



2. Активность каталазы



Условные обозначения:

- — — — — - Контроль
- — — — — - ЖСН 200 м³/га
- — — — — - N<sub>100</sub>K<sub>200</sub>

Срок отбора проб:

- 1- май      3- сентябрь
- 2- июль    4- ноябрь

Рис. 12. Динамика биологической активности почвы при применении жидкого свиного навоза

дам сохраняется. В целом же амплитуда флуктуаций показателей биологической активности дерново-подзолистой супесчаной почвы по годам небольшая. Это свидетельствует о том, что почва – динамичная структура, стремящаяся поддерживать определенный относительно стабильный уровень биологической активности, характерный для нее (Хазиев Ф.Х., 1982; Звягинцев Д.Г., 2000).

Отбор почвенных образцов и их анализ производился 4 раза за период проведения эксперимента: весна, лето, ранняя осень, поздняя осень. В соответствии с этими сроками биологическая активность исследуемой дерново-подзолистой супесчаной почвы ведет себя по-разному, то есть варьирует.

Весной, что совпало с началом вегетации левзеи, интенсивность микробиологических процессов в почве, о чем свидетельствует показатель «дыхание почвы», не превышает 3,38 мг  $\text{CO}_2$ /10г/сут. в 1999 году, а в 2000 г. – 0,41 мг  $\text{CO}_2$ /10г/сут. и характеризуется как очень слабая. На очень слабом и слабом уровне проявляет свою активность каталаза, значения данного показателя находятся в пределах 0,5–1,1 мл  $\text{O}_2$ /г/мин. Невысока в этот период и нитрифицирующая способность – не более 4,97 мг/100г почвы. Инвертазная активность характеризуется как слабая и средняя. Как указывают в своих исследованиях Т.В. Аристовская (1965), А.Тен Хак-мун и Л.В. Федорова (1972), Л.С. Шугалей (1980) и др., скорее всего, невысокие показатели биологической активности весной связаны с тем, что в весенний период почва и воздух еще не прогрелись, в результате чего сами растения и почвенная микрофлора испытывают температурный дискомфорт и их жизнедеятельность понижена. Однако следует отметить тот факт, что весной наблюдается средняя, а на контрольном варианте в 2000 году сильная целлюлозоразрушающая способность, что, вероятнее всего, связано с создавшимися благоприятными для протекания данного микробиологического процесса условиями.

В летний период обнаруживается более или менее существенное возрастание биологической активности исследуемой почвы по таким показате-

лям, как активность инвертазы и каталазы, нитрифицирующая способность почвы и на отдельных вариантах – дыхание почвы. Однако повышение дыхания почвы и активности каталазы незначительно и дыхание почвы остается на уровне очень слабой интенсивности, а активность каталазы характеризуется как очень слабая и слабая. В то же время, повышение среднесуточной температуры до оптимальных для микроорганизмов и растений значений – (+16–24) °С (Мишустин Е.Н., Теплякова З.Ф., 1959); сохранение достаточного количества влаги, поскольку опытная культура (левзея) обладает большой листовой поверхностью и имеет значительную густоту стояния, что способствует затенению поверхности почвы и препятствует сильному испарению влаги и иссушению почвы в летние месяцы; а также значительное увеличение надземной массы, а значит и ее корневой системы – все это, возможно, способствует увеличению количества инвертазы в почве и возрастанию ее активности, а также повышению нитрифицирующей способности почвы. Однако в летний период целлюлозоразрушающая способность почвы падает до слабой интенсивности. Есть основание полагать, что это связано с увеличением микробных токсинов в почве в это время года. К такому выводу приходит, в частности, Я.П. Худяков (1972).

В период ранней осени происходит снижение среднесуточной температуры и увеличение количества выпадающих осадков, что сказывается на микробном населении почвы, их жизнедеятельности и продуцировании ферментов как микроорганизмами, так и высшими растениями. И, как следствие, можно наблюдать понижение активности инвертазы (но она остается на уровне слабой и средней) и резкий спад нитрифицирующей способности почвы. Однако в этот период наблюдается незначительный рост активности каталазы (характеризуется как слабая) и значительное повышение целлюлозоразрушающей способности почвы до уровня сильной интенсивности. Как отмечает ряд авторов (Галстян А.Ш., 1977; Рахно П.Х., 1972; Хазиев Ф.Х., 1982), незначительное возрастание активности каталазы возможно при по-

нижении температуры, а также может быть связано с биологическими особенностями выращиваемой культуры и составом ее корневых выделений (Возняковская Ю.М., 1976; Reuszer H.W., 1962). Во втором случае, благодаря увеличению поступающего в почву энергетического материала в виде отмершей биомассы растений, наблюдается бурное развитие микроорганизмов, разрушающих целлюлозу.

Период поздней осени характеризуется снижением всех показателей биологической активности. Активность инвертазы понижается в среднем на 2–8 мг глюкозы/г/сут., но сохраняется на уровне слабой и средней интенсивности. Активность каталазы также уменьшается и на отдельных вариантах характеризуется как очень слабая.

Интенсивность выделения  $\text{CO}_2$  из почвы в период поздней осени, как и на протяжении всего времени наблюдений, отличается низкими значениями, не более 2,45 мг  $\text{CO}_2$ /10г/сут., что соответствует очень слабой интенсивности. Кроме того, минимальными значениями в это время года отличается нитрифицирующая способность почвы. Следует также отметить понижение в 1,5–2 раза и целлюлозоразрушающей способности почвы, в данный период она характеризуется как средняя.

Анализируя данные по влиянию применения удобрений на биологические свойства почвы, то есть варьирование показателей биологической активности по вариантам (табл. 6.23), можно обнаружить следующие закономерности:

– *интенсивность микробиологических процессов (дыхание почвы) возрастает от контроля к варианту опыта  $N_{100}K_{200}$ . Данное явление можно объяснить тем, что на 1<sup>м</sup> варианте опыта, то есть контроле без внесения удобрений, нет дополнительного питания ни у самих микроорганизмов, ни у растений. На 2<sup>м</sup> варианте вносится жидкий свиной навоз (ЖСН), который как органическое удобрение отличается высоким содержанием фосфора, то есть здесь происходит одностороннее увеличение питания фосфором. На*

третьем же варианте мы балансируем «рацион» микроорганизмов и растений за счет внесения азота и калия в почву, уже обеспеченную фосфором, о чем свидетельствуют данные агрохимического анализа, так как в опыте используется почва, на которой длительное время применяли ЖСН.

Таблица 6.23

Влияние жидкого свиного навоза на биологическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы (в среднем за 1999–2000 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Инвертаза, мг глюко- зы/г/сут		Каталаза, О <sub>2</sub> мл/г/мин		Нитрифици- рующая спо- собность, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/100г		Целлюлозо- разлагающая способность, %		Дыхание, СО <sub>2</sub> мг/10г/сут	
		*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
1	Контроль	21,5	—	1,0	—	3,8	—	40,2	—	1,3	—
2	ЖСН <sub>200</sub>	31,4	9,9	1,3	0,3	7,4	3,6	43,0	2,8	1,4	0,1
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	28,8	7,3	1,1	0,1	6,2	2,4	45,2	5,0	1,8	0,5
	<i>HCP<sub>05</sub></i>		3,4		0,2		0,2		5,6		0,2

Примечание: \* – значение показателя; \*\* – прибавка к контролю.

Таким образом, именно на третьем варианте опыта за счет сбалансированного питания микроорганизмов и растений получаем большую (достоверную) прибавку к контролю, чем на 2<sup>м</sup> варианте;

– ферментативная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при внесении как органических, так и минеральных удобрений несколько возрастает. Однако явного приоритета варианта опыта N<sub>100</sub>K<sub>200</sub>, как в случае дыхания почвы, не обнаруживается. Напротив, достоверное увеличение активности каталазы происходит при внесении ЖСН, а при внесении азотных и калийных удобрений такое повышение активности не наблюдается. Положительное действие на активность гидролитического фермента – инвертазы оказали в равной степени и ЖСН, и N<sub>100</sub>K<sub>200</sub>. То есть, можно сказать, что интенсификация процессов гидролиза сахарозы зависит не столько от

вида и наличия вносимого удобрения, сколько от того действия, которое оно оказывает на микроорганизмы и растения, которые, по мнению А.Ш. Галстяна (1977), Е.Н. Мишустина (1972) и других ученых, являются основными продуцентами ферментов, в том числе и инвертазы;

— *изучаемая дерново-подзолистая супесчаная почва обладает низким содержанием биогенных элементов, в том числе азота, и, соответственно, низкой нитрифицирующей способностью, что согласуется с мнением многих исследователей (Широких А.А., 1995; Козлова Ю.В., 2000 и др.).* Как показало проведенное исследование, нитрифицирующую способность можно существенно повысить за счет применения минеральных, и особенно, органических удобрений. Приоритет органических удобрений, в данном случае ЖСН, объясняется тем, что помимо дополнительного питания для микроорганизмов и растений, причем более богатого различными элементами, чем минеральные удобрения, в почву вносится и некоторое количество самих микроорганизмов, в том числе и нитрификаторов, а отсюда и более высокая нитрифицирующая способность;

— *целлюлозоразлагающая способность почвы не зависела от внесения удобрений: существенной разницы по данному показателю между изучаемыми вариантами опыта нет.*

Как известно, внесение удобрений оказывает влияние не только на уже вегетирующие растения, но и на семена культур при их прорастании. Поэтому нами было проведено исследование по изучению степени воздействия ЖСН на прорастание и всхожесть семян левзеи сафлоровидной (табл. 6.24).

Полученные данные говорят о том, что применение свиного навоза и минеральных азотных и калийных удобрений влияет как на энергию прорастания, так и на всхожесть семян левзеи (табл.6.25). Причем азотные и калийные удобрения (3<sup>й</sup> вариант) оказывают некоторое стимулирующее действие,



Таблица 6.24

Прорастание и всхожесть семян левзеи сафлоровидной,  
(в среднем за 1999-2000 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб							
		04 мая		14 июля		08 сентября		02 ноября	
		Энер- гия прорас- тания, %	Всхо- жесть , %	Энер- гия прорас- тания, %	Всхо- жесть , %	Энер- гия прорас- тания, %	Всхо- жесть, %	Энер- гия прорас- тания, %	Всхо- жесть, %
1	Контроль, без удобрений	80	87	79	91,5	82	89	84	92
2	ЖСН - 200	74	79	62	73,5	70,5	79	87	88
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	90	88	88	93	86,5	90	90	95
	<i>HCP<sub>05</sub></i>	3,5	2,9	2,5	2,2	2,0	2,9	2,7	2,8

в то время как продолжающееся внесение ЖСН (2<sup>-й</sup> вариант) способствует ухудшению всхожести семян изучаемой культуры, особенно на почве летнего срока отбора, т.е. после проведения подкормок.

Кроме того, как показало исследование степени токсичности дерново-подзолистой супесчаной почвы, при продолжающемся внесении свиного навоза (2<sup>-й</sup> вариант) обнаруживается фитотоксичность почвы 1-й и 2-й степени в зависимости от срока отбора почвенных проб.

*Таким образом, проведенное исследование показало, что под действием систематического внесения жидкого свиного навоза биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы претерпевает изменения. Причем эти изменения значительнее и глубже при продолжающемся внесении этого органического удобрения. Полученные данные свидетельствуют также о том, что продолжающееся внесение ЖСН может быть причиной токсикоза почвы.*

Таблица 6.25

Степень токсичности дерново-подзолистой почвы под рапонтиком сафлоровидным  
(в среднем за 1999–2000 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб											
		весна						лето					
		Энергия прораста ния, %	Крат- ность сниже- ния	Сте- пень токсич- ности	Всхо- жесть, %	Крат ность сниже ния	Степень токсич ности	Энергия прорас- тания, %	Крат- ность сниже- ния	Степень токсич- ности	Всхо- жесть, %	Крат- ность сниже- ния	Степень токсич- ности
1	Контроль	80	–	0	87	–	0	79	–	0	91,5	–	0
2	ЖСН 200	74	1,08	0	79	1,10	1	62	1,27	2	73,5	1,24	2
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	90	–	0	88	1,04	0	88	–	0	93	–	0
	<i>HCP<sub>05</sub></i>	3,5			2,9			2,5			2,2		

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб											
		начало осени						поздняя осень					
		Энергия прораста ния, %	Крат- ность сниже- ния	Сте- пень токсич- ности	Всхо- жесть, %	Крат ность сниже ния	Степень токсич ности	Энергия прорас- тания, %	Крат- ность сниже- ния	Степень токсич- ности	Всхо- жесть, %	Крат- ность сниже- ния	Степень токсич- ности
1	Контроль	82	–	0	89	–	0	84	–	0	92	–	0
2	ЖСН 200	70,5	1,13	1	79	1,13	1	87	–	0	88	1,05	0
3	N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	86,5	–	0	90	–	0	90	–	0	95	–	0
	<i>HCP<sub>05</sub></i>	2,0			2,9			2,7			2,8		

*В то же время, применение азотных и калийных удобрений на фоне предшествующего систематического внесения свиного навоза дает положительные результаты в активизации почвенной микрофлоры и биохимических процессов, протекающих в почве, а также оказывает стимулирующее действие на прорастание и всхожесть семян.*

### 6.3.2. Потенциальная биологическая активность почв хозяйства

В опытах, представленных выше, важная роль отводилась влиянию растений – как одному из определяющих биологическое состояние почвы факторов. Тем не менее, не следует забывать, что и сама почва имеет свой, характерный только для нее микробный пул и соответственно характеризуется определенным уровнем биологической активности. Причем не только виды почв различаются между собой по своему биологическому состоянию, но и почвенные разновидности в пределах одного вида какой-либо почвы будут иметь некоторые свои специфические особенности. На основании сказанного выше были проведены исследования по изучению потенциальной биологической активности почв, распространенных на территории базового хозяйства – свиноводческого комплекса «Ильиногорское».

Исследование проведено с использованием компостирования почвы в модельных лабораторно-полевых опытах. При этом за счет периодического увлажнения и рыхления почвы в сосудах поддерживались наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности почвенной микрофлоры и протекания микробиологических процессов. Особенностью этих опытов было полное исключение непосредственного влияния растений на биологические свойства почвы.

Таким образом, результаты, полученные в микроопытах по компостированию почвы в сосудах, характеризуют потенциальную биологическую ак-

тивность, свойственную для определенной почвы, и могут дать более доказательные данные о степени влияния удобрений на изучаемые свойства.

В исследованиях по компостированию использовалась дерново-подзолистая почва разного гранулометрического состава: песчаная и средне-суглинистая. Это было сделано для того, чтобы установить степень значимости для биологии почвы не только гранулометрического состава, но и различного уровня агрохимических показателей, а также для того, чтобы сравнить не только уровень естественной биологической активности, но и характер изменений при внесении удобрений.

Сначала обратимся к результатам, полученным на дерново-подзолистой супесчаной почве (табл. 6.26, рис. 13). Прежде всего, следует сказать о наличии годовых флуктуаций биологической активности почвы. Первоначальная (на момент закладки опыта) биологическая активность почвы в 2000 г. несколько ниже, чем в 1999 г. Такое снижение можно объяснить тем, что за время хранения почва потеряла некоторое количество органического вещества и питательных элементов, то есть необходимого для жизнедеятельности микроорганизмов субстрата. Этот запас субстрата был скорее не потерян, а «съеден», использован самими микроорганизмами.

Кроме того, почва за время хранения, в результате протекавших в ней микробиологических процессов и просто испарения, потеряла некоторое количества влаги, что также отразилось на жизнедеятельности микроорганизмов в сторону ее понижения. В последующие летний и осенний периоды интенсивность микробиологических процессов, которая характеризуется дыханием почвы, была очень слабой, колебания ее по годам – незначительны. Ферментативная активность дерново-подзолистой песчаной почвы по годам также изменялась, но размах ее колебаний можно оценить как небольшой: каталазная и целлюлозоразлагающая способность колеблется от уровня очень слабой до слабой в зависимости от сезона. Исключение составляет ак-

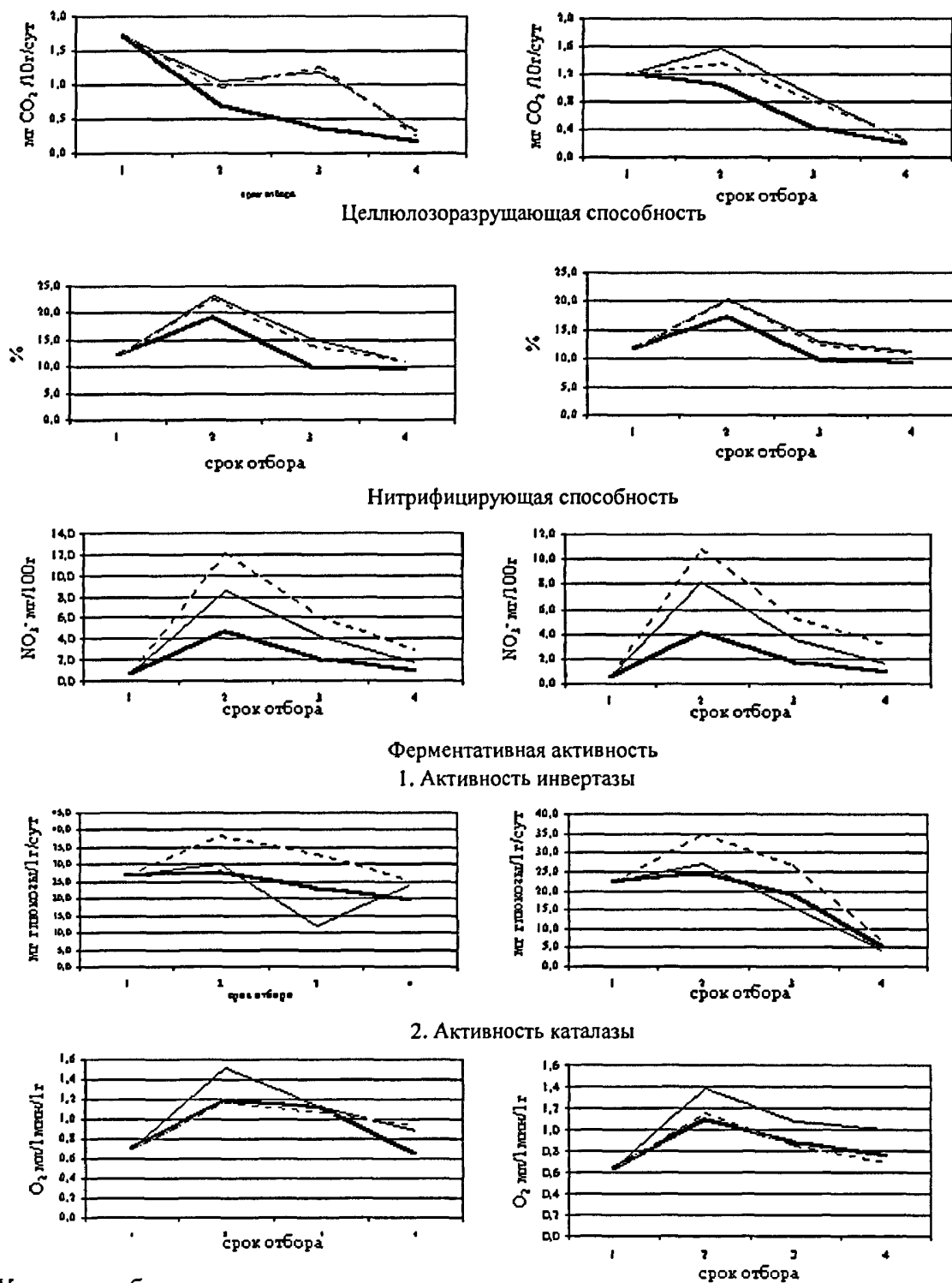
Таблица 6.26

Влияние разных доз свиного навоза на потенциальную биологическую  
активность дерново-подзолистой супесчаной почвы

№	Вариант опыта	26 мая		27 июля		15 сентября		3 ноября	
		1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Инвертаза, мг глюкозы/г/сутки									
1	Контроль	26,9	22,2	27,8	24,4	23,1	18,9	19,6	5,0
2	ЖСН-200			30,3	27,2	12,2	15,3	24,1	4,3
3	ЖСН-400			38,3	34,9	32,9	26,6	25,6	6,4
	<i>HCP<sub>05</sub></i>			4,5	2,8	3,1	1,9	2,1	0,9
Каталаза, мл O <sub>2</sub> /г/мин									
1	Контроль	0,7	0,6	1,2	1,1	1,1	0,9	0,7	0,8
2	ЖСН-200			1,5	1,4	1,1	1,1	0,9	1,0
3	ЖСН-400			1,2	1,2	1,1	0,9	0,9	0,7
	<i>HCP<sub>05</sub></i>			0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Нитрифицирующая способность, мг NO <sub>3</sub> /100 г									
1	Контроль	0,6	0,5	4,6	4,1	2,0	1,8	0,9	1,0
2	ЖСН-200			8,6	8,2	4,2	3,6	1,7	1,6
3	ЖСН-400			12,2	10,8	6,0	5,2	2,9	3,2
	<i>HCP<sub>05</sub></i>			2,4	2,0	1,0	1,2	0,9	0,5
Целлюлозоразлагающая способность, %									
1	Контроль	12,1	11,9	19,3	17,4	9,9	9,7	9,4	9,2
2	ЖСН-200			23,2	20,5	15,2	12,8	11,0	11,1
3	ЖСН-400			22,5	20,1	14,1	12,5	11,0	10,9
	<i>HCP<sub>05</sub></i>			1,2	1,1	1,5	0,9	1,1	0,9
Дыхание почвы, мг CO <sub>2</sub> /10 г/сутки									
1	Контроль	1,7	1,2	0,7	1,0	0,4	0,4	0,2	0,2
2	ЖСН-200			1,1	1,6	1,2	0,9	0,3	0,2
3	ЖСН-400			1,0	1,4	1,3	0,8	0,2	0,3
	<i>HCP<sub>05</sub></i>			0,4	0,5	0,3	0,5	0,1	0,1

1999 год  
Интенсивность микробиологических процессов - дыхание почвы

2000 год



Условные обозначения:

— - Контроль

--- - ЖСН 200 м³/га

.... - ЖСН 400 м³/га

Срок отбора проб:

1- июнь

3- сентябрь

2- июль

4- ноябрь

Рис. 13. Динамика биологической активности дерново-подзолистой супесчаной почвы под влиянием разового внесения жидкого свиного навоза

тивность инвертазы, где наибольшие колебания в значениях данного показателя по годам отмечаются в период поздней осени и составляют 14,55 – 19,85 мг глюкозы/г/сутки. Характер изменения нитрифицирующей способности почвы по годам аналогичен изменению целлюлозоразлагающей способности, при этом амплитуда колебаний незначительная: 0 – 1,84  $\text{NO}_3^-$  мг/100 г почвы.

В целом биологическая активность дерново-подзолистой песчаной почвы была несколько выше в 1999 году, что, вероятнее всего, связано с недостатком питания почвенной микрофлоры в 2000 году, о чем было сказано выше.

Кроме годовых флуктуаций биологическая активность почвы подвержена и сезонным сукцессиям. Как показывают табличные данные и ход кривых, биологическая активность почвы в течение периода «начало лето (закладка опыта) – поздняя осень» изменяется следующим образом. В летнее время происходит увеличение активности микрофлоры почвы по отдельным показателям в два и более раз. Такая активизация микробиологических процессов в летний период произошла вследствие создания наиболее благоприятных для развития почвенной микрофлоры термических условий за счет того, что при закладке опыта были внесены питательные вещества, которые в этот период начали интенсивно использоваться микроорганизмами. В ранне-осенний период происходит ослабление микробиологических процессов, происходящих в почве, а отдельные показатели (каталазная активность и целлюлозоразлагающая способность) снижаются до уровня слабой и очень слабой интенсивности. Поздней осенью происходит дальнейшее снижение активности микрофлоры почвы. В это время все показатели имеют свои минимальные значения и биологическая активность почвы в целом характеризуется как очень слабая. Исключение составляет активность инвертазы, которая на отдельных вариантах характеризуется как средняя.

Итак, сезонная динамика по всем показателям биологической активности выглядит так: плавно увеличивается к летнему максимуму (пик активности), а затем постепенно снижается к позднеосеннему минимуму.

Особый интерес представляют данные по влиянию разных доз органических удобрений на биологию дерново-подзолистой песчаной почвы (табл.6.27).

Таблица 6.27

Влияние разового внесения свиного навоза  
на биологическую активность дерново-подзолистой песчаной почвы

№ п/п	Вариант опыта	Инверта- за, мг глю- козы/г/сут		Каталаза, O <sub>2</sub> мл/г/мин		Нитрифици- рующая спо- собность, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/100г		Целлюло- зоразла- гающая способ- ность, %		Дыхание, CO <sub>2</sub> мг/10г/су т	
		*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
1	Контроль	21,0	—	0,9	—	1,9	—	12,4	—	0,7	—
2	ЖСН-200	20,3	-0,7	1,0	0,1	3,6	1,7	14,7	2,3	1,0	0,3
3	ЖСН-400	26,7	5,7	0,9	0,0	5,2	3,3	14,4	2,0	1,0	0,3
	<i>НСР<sub>05</sub></i>		3,0		0,2		0,3		1,5		0,3

Примечание: \* — значение показателя; \*\* — прибавка к контролю.

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что при применении свиного навоза наблюдается положительная тенденция к активизации микробиологических процессов в почве. Однако следует отметить, что активность того или иного микробиологического процесса зависит от дозы вносимого органического удобрения, хотя интенсификация той или иной биохимической реакции не всегда наблюдается при применении удобрений.

Установлено, что при использовании жидкого свиного навоза в качестве органического удобрения происходит увеличение некоторых показателей микробиологической активности дерново-подзолистой песчаной почвы. Так,



внесение свиного навоза оказало положительное действие на нитрифицирующую и целлюлозоразрушающую способность почвы, а также на активность инвертазы в случае применения ЖСН-400. При этом с увеличением дозы внесения данного органического удобрения возрастает нитрифицирующая и инвертазная активность и практически не изменяется целлюлозоразрушающая способность почвы.

Как показало исследование, биологическая активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы также подвержена и годичным, и сезонным флуктуациям (табл. 6.28 и рис. 14). Есть основание полагать, что основными лимитирующими факторами при этом выступают температура и достаточное количество «пищи» для микроорганизмов. Как и в предыдущем опыте, в данном опыте с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой первоначальные значения показателей биологической активности почвы в 2000 году чуть ниже, чем в 1999 году. В целом можно сказать, что биологическая активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в 2000 году по сравнению с 1999 годом характеризуется более стабильными значениями показателей на протяжении всего периода проведения эксперимента.

Данные сезонных изменений показателей биологической активности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, представленные выше, свидетельствуют о следующем. На момент закладки опыта биологическая активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы характеризовалась средней инвертазной активностью, очень слабой каталазной активностью и очень слабым дыханием, очень низкой нитрифицирующей способностью и слабой целлюлозоразлагающей способностью.

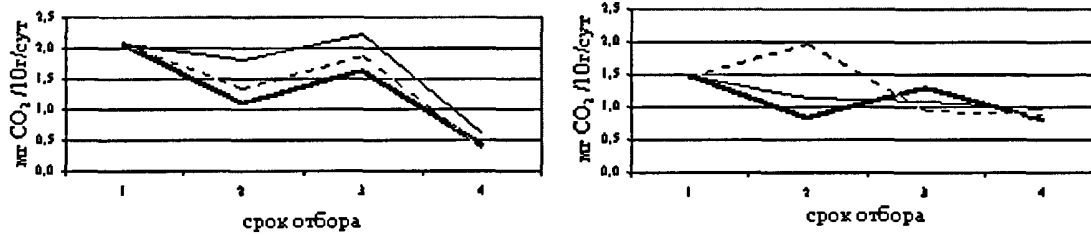
В самый теплый период (середина лета) отмечается активизация микробиологических процессов, протекающих в почве. Повышается (примерно в 2 раза) каталазная активность и характеризуется как слабая, значительно (в 5-15 раз) увеличивается нитрифицирующая способность, повышается целлюлозоразрушающая способность почвы на отдельных вариантах до среднего

Таблица 6.28

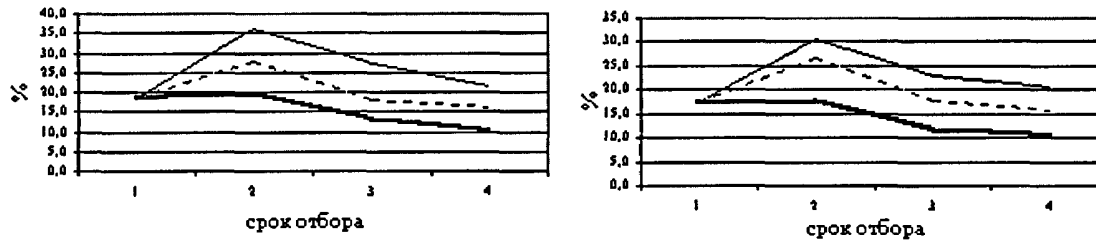
Влияние разных доз свиного навоза на потенциальную биологическую  
активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы

№	Вариант опыта	26 мая		27 июля		15 сентября		3 ноября	
		1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Инвертаза, мг глюкозы/г/сутки									
1	Контроль	31,5	28,1	30,2	26,7	29,4	23,1	21,0	22,9
2	ЖСН-200			38,7	33,7	25,4	27,4	20,7	26,8
3	ЖСН-400			33,2	30,5	17,7	23,7	11,6	21,8
	HCP <sub>05</sub>			2,7	1,8	2,1	1,0	2,2	1,0
Каталаза, мл O <sub>2</sub> /г/мин									
1	Контроль	0,9	0,8	1,3	1,3	0,9	1,1	0,7	1,1
2	ЖСН-200			1,7	1,6	1,3	1,2	1,0	1,2
3	ЖСН-400			2,1	1,9	1,6	1,5	1,2	1,1
	HCP <sub>05</sub>			0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1
Нитрифицирующая способность, мг NO <sub>3</sub> /100 г									
1	Контроль	0,9	0,8	5,2	4,3	1,3	1,8	0,6	1,0
2	ЖСН-200			15,0	13,4	4,8	5,1	1,8	2,7
3	ЖСН-400			12,6	10,9	3,7	3,8	1,3	2,4
	HCP <sub>05</sub>			2,0	2,2	0,8	1,0	0,3	0,7
Целлюлозоразлагающая способность, %									
1	Контроль	18,7	17,1	19,5	17,9	13,4	11,5	10,4	10,4
2	ЖСН-200			36,2	30,7	27,4	23,1	21,6	20,5
3	ЖСН-400			28,0	26,5	17,9	17,6	15,9	15,5
	HCP <sub>05</sub>			2,6	2,9	1,8	3,2	3,1	3,0
Дыхание почвы, мг CO <sub>2</sub> /10 г/сутки									
1	Контроль	2,1	1,5	1,1	0,8	1,6	1,3	0,4	0,8
2	ЖСН-200			1,8	1,2	2,2	1,1	0,6	1,1
3	ЖСН-400			1,4	2,0	1,9	0,9	0,3	0,9
	HCP <sub>05</sub>			0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1

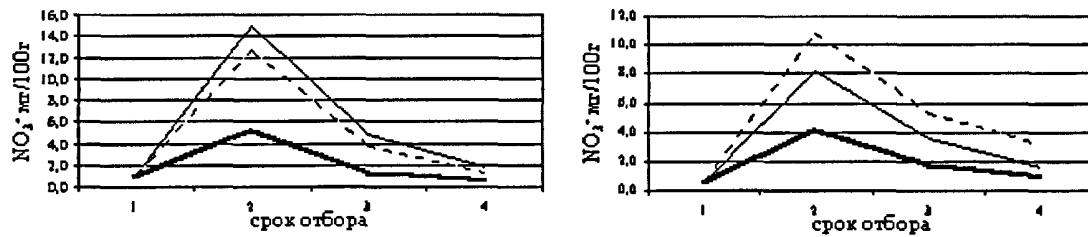
1999 год 2000 год  
Интенсивность микробиологических процессов - дыхание почвы



Целлюлозоразрушающая способность

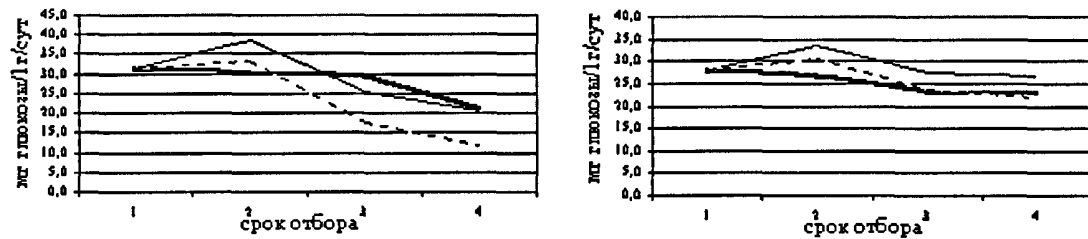


Нитрифицирующая способность

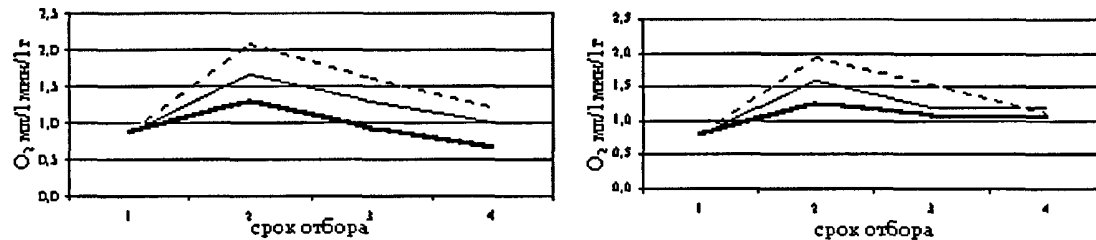


Ферментативная активность

1. Активность инвертазы



2. Активность каталазы



Условные обозначения:

- - Контроль
- - ЖСН 200 м³/га
- .... - ЖСН 400 м³/га

Срок отбора проб:

- 1- июнь
- 2- июль
- 3- сентябрь
- 4- ноябрь

Рис. 14. Динамика биологической активности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы под влиянием разового внесения жидкого свиного навоза

уровня и увеличивается активность инвертазы, но сохраняется на среднем уровне интенсивности.

Раннеосенний период характеризуется некоторым повышением дыхания почвы, но оно незначительно и дыхание почвы характеризуется как очень слабое. Начиная с раннеосеннего периода, биологическая активность по остальным показателям идет на спад, и здесь наблюдается постепенное ослабление активности микрофлоры к позднеосеннему периоду. Показатели биологической активности в позднеосенний период говорят о сильном замедлении процессов жизнедеятельности почвенной микрофлоры до слабого и очень слабого уровня. При этом по некоторым вариантам опыта наблюдается снижение показателей ниже первоначального уровня (на момент закладки опыта), что вероятнее всего связано с недостатком питания и ухудшением термических условий для жизни микроорганизмов и протекания биохимических процессов (Хазиев Ф.Х., 1982). В целом же сезонная динамика показателей биологической активности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы характеризуется летним максимумом и пониженной активностью осенью, что согласуется с результатами исследований Т.В. Аристовской (1965).

Как и в опыте с дерново-подзолистой песчаной почвой, в данном исследовании было показано влияние разных доз органических удобрений, которые, как видно из результатов (табл. 6.29), способствовали активизации микробиологических процессов, происходящих в почве. Однако действие органических удобрений носило более выраженный характер и было несколько иным.

*Из полученных результатов следует, что по отношению к биологическому состоянию почвы увеличение дозы внесения свиного навоза носит скорее негативный характер, чем стимулирующий. Как видно из представленных данных, высокие дозы внесения свиного навоза (до 400 м<sup>3</sup>/га) способствуют понижению некоторых показателей биологической активности, особенно активности инвертазы, которая существенно (на 4,2 мг глюко-*

зы/г/сутки) снизилась на варианте с внесением жидкого свиного навоза в дозе 400 м<sup>3</sup>/га по сравнению с вариантом ЖСН-200.

Особо следует сказать о результатах, полученных при определении энергии прорастания и всхожести семян (табл. 6.30 и 6.31) и степени токсичности почвы (табл. 6.32 и 6.33).

Таблица 6.29

Влияние разового внесения свиного навоза на биологическую активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы

№ п/п	Вариант опыта	Инвертаза, мг глюкозы/г/сут		Каталаза, О <sub>2</sub> мл/г/мин		Нитрифицирующая способность, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/100г		Целлюлозоразлагающая способность, %		Дыхание, СО <sub>2</sub> мг/10г/сут	
		*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
1	Контроль	26,6	—	1,0	—	2,0	—	15,9	—	1,2	—
2	ЖСН-200	29,0	2,4	1,2	0,2	5,6	3,6	24,4	8,5	1,4	0,2
3	ЖСН-400	24,8	-1,8	1,4	0,4	4,5	2,5	19,7	3,8	1,4	0,2
	<i>НСР<sub>05</sub></i>		2,5		0,2		1,5		2,2		0,2

Примечание: \* — значение показателя; \*\* — прибавка к контролю.

Установлено, что *всхожесть и энергия прорастания семян выше при проращивании их на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве*. При внесении разных доз жидкого свиного навоза в условиях дерново-подзолистой как песчаной, так и среднесуглинистой почв наблюдается снижение энергии прорастания и всхожести семян яровой пшеницы. При этом повышение дозы внесения изучаемых органических удобрений способствует более значительному уменьшению данных параметров. Кратность снижения составила 1,09 – 1,13 в условиях песчаной почвы и только при дозе свиного навоза в 400 м<sup>3</sup>/га, что соответствовало 1-й степени фитотоксичности, и 1,08 – 1,09 в условиях среднесуглинистой почвы, что соответствует 0-й степени.

Таблица 6.30

Прорастание и всхожесть семян яровой пшеницы,  
почва дерново-подзолистая песчаная, в среднем за 1999-2000 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб							
		Начало наблюдений		20 июля		13 сентября		28 октября	
		Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %	Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %	Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %	Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %
1	Контроль, без удобрений	62	83	70	80	72	81	77	85
2	ЖСН - 200	-	-	64	77	78	85	84	91
3	ЖСН - 400	-	-	62	74	71	80	85	91
	<i>НСР<sub>05</sub></i>	-	-	3,0	2,5	3,5	2,0	3,0	2,0

Таблица 6.31

Проращение и всхожесть семян яровой пшеницы,  
почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, в среднем за 1999-2000 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб							
		Начало наблюдений		20 июля		13 сентября		28 октября	
		Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %	Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %	Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %	Энергия прораста- ния, %	Всхожесть, %
1	Контроль, без удобрений	84	87	79	82	80	83	84	87
2	ЖСН - 200	-	-	77	80	79	86	85	91
3	ЖСН – 400	-	-	72,5	76	80	85	89	94
	<i>НСП<sub>05</sub></i>	—	—	4,0	3,5	2,0	2,0	1,5	2,5

Таблица 6.32

Степень токсичности дерново-подзолистой песчаной почвы,  
(в среднем за 1999–2000 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб											
		начало лета						середина лета					
		I	III	IV	II	III	IV	I	III	IV	II	III	IV
1	Контроль	62	–	–	83	–	–	70	–	–	80	–	–
2	ЖСН–200	62	–	0	83	–	0	64	1,09	0	77	1,04	0
3	ЖСН–400	62	–	0	83	–	0	62	1,13	1	74	1,08	0
	<i>НСР<sub>05</sub></i>	–			–			3,0			2,5		

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб											
		начало осени						поздняя осень					
		I	III	IV	II	III	IV	I	III	IV	II	III	IV
1	Контроль	72	–	–	81	–	–	77	–	–	85	–	–
2	ЖСН–200	78	–	0	85	–	0	84	–	0	91	–	0
3	ЖСН–400	71	1,01	0	80	1,01	0	85	–	0	91	–	0
	<i>НСР<sub>05</sub></i>	3,5			2,0			3,0			2,0		

Примечание: I – энергия прорастания семян, %; II – всхожесть семян, %;  
III – кратность снижения; IV – степень токсичности.



Таблица 6.33

Степень токсичности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы,  
(в среднем за 1999–2000 гг.)

№ п/п	Вариант опыта	Срок отбора проб											
		начало лета						середина лета					
		I	III	IV	II	III	IV	I	III	IV	II	III	IV
1	Контроль	84	–	–	87	–	–	79	–	–	82	–	–
2	ЖСН–200	84	–	0	87	–	0	77	1,03	0	80	1,03	0
3	ЖСН–400	84	–	0	87	–	0	72,5	1,09	0	76	1,08	0
	<i>HCP<sub>05</sub></i>	–			–			4,0			3,5		

№ п/п	Вариант Опыта	Срок отбора проб											
		начало осени						поздняя осень					
		I	III	IV	II	III	IV	I	III	IV	II	III	IV
1	Контроль	80		–	83	–	–	84	–	–	87	–	–
2	ЖСН–200	79	1,01	0	86	–	0	85	–	0	91	–	0
3	ЖСН–400	80	–	0	85	–	0	89	–	0	94	–	0
	<i>HCP<sub>05</sub></i>	2,0			2,0			1,5			2,5		

Примечание: I – энергия прорастания семян, %; II – всхожесть семян, %;  
III – кратность снижения; IV – степень токсичности.

Однако следует отметить, что *тенденция нарастания токсичности почв, которая наблюдается после внесения удобрений в летний период, постепенно ослабевает и в период поздней осени токсикоз исследуемых почв не обнаруживается*. При сравнении представленных выше результатов по двум дерново-подзолистым почвам разного гранулометрического состава можно заключить, что *естественная биологическая активность дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы выше, чем дерново-подзолистой песчаной почвы*. При применении органических удобрений на обеих почвах наблюдается положительная тенденция в активизации микрофлоры почвы. При этом свиной навоз на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве оказал большее действие, чем на дерново-подзолистой песчаной почве.

*Таким образом, длительное систематическое внесение органических отходов свиного комплекса влияет на состояние почв хозяйства, изменяя ее физические и водно-физические свойства, содержание и соотношение основных элементов питания, концентрацию и подвижность тяжелых металлов, общую биологическую активность. Все это не может не сказаться на общем состоянии экосистемы, включая все ее составные среды, среди которых наибольшему влиянию будут подвергаться природные подземные и поверхностные воды, а также на характеристике агрофитоценоза, произрастающего на почвах землепользования анализируемого хозяйства.*

В связи с этим и на основании ранее проведенной комплексной оценки воздействия свиного комплекса на состояние воздушного и водного бассейна в зоне влияния предприятия, представляется необходимым разработка системы мероприятий, которые позволили бы оптимизировать почвенно-биотический комплекс в условиях специфичной, интенсивной антропогенной нагрузки, и получать высокие урожаи культурных растений. Немаловажным является и то, чтобы получаемая растительная продукция была хорошего качества и соответствовала требованиям ГОСТа по показателям безопасности.

## **Глава 7. Основные направления оптимизации функционирования агробиогеоценоза**

Оптимизация функционирования почвенно-биотического комплекса и отрасли растениеводства в рассматриваемом хозяйстве неразрывно связаны с нормированием антропогенной нагрузки и, прежде всего, применения органических удобрений. Следует учитывать, что в данном случае дозы их внесения определяются, как правило, не агрономической целесообразностью, а необходимостью утилизации большого объема отходов на ограниченных площадях. В связи с этим возникает ряд серьезных проблем, среди которых, как показали проведенные исследования, наиболее значимы следующие:

- нарушение соотношения в содержании основных элементов питания в почве с существенным преобладанием фосфора и дефицитом калия;
- накопление подвижных соединений тяжелых металлов в почве.

Возможными направлениями оптимизации почвенных свойств с аномально высоким содержанием подвижных фосфатов могут быть следующие:

- прекращение внесения свиного навоза и других фосфорсодержащих материалов на участках, достигших определенного (критического) уровня по данному элементу. Однако в таком случае растения будут испытывать резкий дефицит по азоту и калию, что, вероятнее всего, приведет к значительному снижению урожайности культур, и, как следствие, - к меньшему выносу фосфатов из почвы;
- на фоне отказа от внесения свиного навоза применять азотные и калийные минеральные удобрения, что предположительно позволит со временем устранить существующий в почве дисбаланс между элементами питания, получая при этом стабильные урожаи растениеводческой продукции.

Оба предлагаемые варианты могут способствовать снижению содержания подвижных фосфатов в почве. При этом сокращается площадь сельскохозяйственных угодий, на которых возможна утилизация навоза, а другие территории, соответственно, будут испытывать большую антропогенную нагрузку. Однако в данном случае некоторое перераспределение нагрузки в пространстве и во времени может дать локальный выигрыш, который позволит оптимизировать функционирование региональной экосистемы.

Каждое из предложенных направлений оптимизации должно опираться на количественную оценку структурных взаимосвязей в конкретной агроэкосистеме. Для получения подобной информации был заложен многолетний вегетационно-полевой опыт, варианты которого моделировали предлагаемые выше пути оптимизации. Сравнение альтернативных сценариев воздействия осуществляли по следующим параметрам: продуктивность кормовых культур, качество растениеводческой продукции и ее экологическая безопасность, баланс элементов питания в почве и агрономическая эффективность применения удобрительных материалов.

### 7.1. Изучение возможности оптимизации

#### соотношения элементов питания в почве

Целью многолетнего вегетационно-полевого опыта являлось сравнительное изучение эффективности сельскохозяйственного использования дерново-подзолистой супесчаной почвы, претерпевшей систематическое внесение жидкого бесподстилочного свиного навоза, в условиях полного прекращения внесения органических удобрений (контроль), продолжающегося внесения свиного навоза (ЖСН-200) или внесения высоких доз минеральных азотных и калийных удобрений ( $N_{100}K_{200}$ ) на фоне прекращения использования органических удобрений, а также выявление влияния удобренности почвы на урожайность сельскохозяйственных культур. В опыте в течение иссле-

дования последовательно выращивали амарант багрянолистный (*Amaranthus crutntus*), многоукосную озимую рожь (*Secale cereale*) и левзею сафлоровидную (*Rhaponticum carthamoides Willd*).

Результаты учета урожая приведены в таблице 7.1 (данные Титовой В.И.). Данные свидетельствуют, что продуктивность почвы, длительное время систематически удобрявшейся свиным навозом, выражается ежегодным сбором 0,68 кормовых единиц с 1 м<sup>2</sup>. Это сравнимо с результатами, полученными В.М. Новиковым, В.И. Дмитриевой, В.А. Поляниной (1975), А.Ф. Бондаревой (1983), А.П. Лисовым, Е.М. Олейник, В.Н. Крищенко (1980), Н.Г. Андреевой, Г.Е. Мерзлой, Л.М. Савенюк (1985), Н.М. Сагандыковым (1987) в опытах по изучению эффективности жидких стоков свинокомплексов.

Дополнительное внесение на этой почве 200 т/га жидкого свиного навоза ежегодно увеличивает урожайность культур на 0,13 кормовых единиц по отношению к контролю. Замена свиного навоза азотно-калийным удобрением в дозе N<sub>100</sub>K<sub>200</sub> обеспечила максимальный сбор урожая культур, выращиваемых на зеленую массу: амаранта - на 31 %, озимой ржи - на 20 % к урожайности на контроле. Прибавки урожая данных культур на этом варианте достоверны как по отношению к контролю, так и по отношению к варианту с внесением свиного навоза. Озимая рожь на зерно при внесении азотных удобрений совместно с калийными дала урожайность на уровне контрольного варианта.

Таким образом, на дерново-подзолистых почвах хозяйства, имеющих высокую обеспеченность подвижными формами P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (930 мг/кг), продолжающееся ежегодное внесение свиного навоза обеспечивает дополнительный сбор урожая, оцениваемый в 20 % к урожайности на контроле. Замена органического удобрения на азотно-калийное минеральное удобрение, однако, дает прибавку урожая в 36 % к урожайности на контроле. Большой продуктивностью на подобных почвах обладает амарант, что подтверждается и результатами расчета коэффициента использования (КИ) фосфора (табл. 7.2).

Таблица 7.1

Продуктивность культур при выращивании их на дерново-подзолистой почве с очень высоким содержанием (930 мг/кг по Кирсанову) подвижных фосфатов, кг/м<sup>2</sup>

Варианты опыта	1996 г.				1997 г.						В сумме за 2 года, кормовых единиц	
	Амарант, зеленый корм				Озимая рожь, зеленый корм		Озимая рожь, зерно					
	Общая масса	в том числе		Сбор корм. единиц	Надземная масса		Общая масса	в том числе		Сбор корм. единиц	всего	± к вариан- ту 1
		надземн масса	корни		всего	корм. единиц		зерно	<u>солома</u> зерно			
Контроль	6,41	5,52	0,89	0,88	1,40	0,18	0,69	0,20	2,45	0,30	1,36	-
ЖСН - 200	7,75	6,72	1,03	1,08	1,32	0,17	0,87	0,26	2,33	0,38	1,63	0,27
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	9,41	8,24	1,17	1,32	1,68	0,20	0,74	0,23	2,21	0,33	1,85	0,49
НСП <sub>05</sub>		1,12			0,18		0,12	0,032				

Для этой культуры он изменяется от 4,6 % на контроле до 5,5 % - на варианте с внесением азотного и калийного удобрений. При этом, судя по коэффициенту использования  $P_2O_5$  растениями, приходится признать, что внесение свиного навоза в дозе 200 т/га (560 кг фосфора на 1 га) способствовало снижению усвоения фосфора и амарантом, и озимой рожью.

Таблица 7.2

Сравнительное действие азотно-калийных удобрений и жидкого свиного навоза на усвоение фосфора растениями при выращивании их на почвах с очень высоким содержанием подвижных фосфатов

Варианты опыта	Амарант на зеленую массу		Озимая рожь на зел. массу		Озимая рожь на зерно		В сумме по 3 культурам КИ, %
	$P_2O_5$ , %	КИ, %	$P_2O_5$ , %	КИ, %	$P_2O_5$ , %	КИ, %	
Контроль	0,217	4,63	0,17	0,92	0,91/ 0,49*	1,63	7,2
ЖСН – 200	0,185	4,08	0,24	0,91	1,14/ 0,54*	1,79	6,8
$N_{100}K_{200}$	0,173	5,52	0,20	1,30	0,86/ 0,49*	1,73	8,6

\* - содержание  $P_2O_5$  в соломе.

Однако наиболее перспективной культурой для возделывания в районах Нечерноземной полосы является восточная форма левзеи – рапонтник сафлоровидный (маралий корень), как наиболее урожайная по надземной и подземной массе и как наиболее приспособленная к почвенно-климатическим условиям данной зоны (Вавилов П.П., Балышев Л.Н., 1984; Постников Б.А., 1985; Гладкова Л.И., 1989). По содержанию протеина и белка в зеленой массе маралий корень не уступает бобовым растениям – клеверу и люцерне, а по содержанию зольных веществ, особенно кальция и фосфора, он значительно превышает однолетние силосные культуры. В отаве отмечается более высокое содержание питательных веществ: содержание протеина изменяется от 11,5 до 24,5 %, клетчатки – 12,6-26,0 %, зольных веществ – 8,2-11,4 %, жира – 2,45 %, БЭВ – 48,6 %. Биологическая полноценность корма из

марального корня определяется также наличием в нем гормональных веществ. По наличию сахаров в надземной массе (7-10 %) и сахарному минимуму левзея сафлоровидная относится к группе легкосилосующихся растений. Силос, приготовленный из зеленой массы левзеи, полноценный и охотно поедаемый корм. Он хорошо сбалансирован по белку, в котором обнаружены все незаменимые аминокислоты в достаточном количестве (Тихвинский С.Ф., Тючкалов Л.В., 1989).

Перечень комплексного использования левзеи сафлоровидной дополняется тем обстоятельством, что она также является хорошим медоносным и пергааносным растением, позволяющим собирать с каждого гектара от 30-50 до 100 кг меда. Подземные органы этого растения являются ценным сырьем для получения препаратов, которые применяются в медицине в качестве стимулирующего и тонизирующего средства центральной нервной системы и при половой импотенции (Табаленкова Г.И., Куренкова С.В., 2001).

Изучение продуктивности данной культуры в сложившихся почвенных условиях ОАО «Ильиногорское» - одна из задач данной работы.

Левзея сафлоровидная была высеяна в 1998 году. В 1<sup>ый</sup> год жизни растений наблюдалось слабое нарастание наземной массы, что согласуется с литературными данными – растение наиболее уязвимо в первый год вегетации. В связи с этим было принято решение не проводить укос культуры в год ее посева. Первый укос данной культуры проводился, таким образом, лишь в 1999 г.

Анализируя динамику урожайности левзеи сафлоровидной в период с 1999 г. по 2002 г., представленную на рис. 15 и в приложении 10, следует отметить синхронность ее колебания на всех трех опытных вариантах. При этом можно утверждать, что внесение органических удобрений способствует восстановлению продуктивности растений после стрессовых воздействий. Данное предположение основано на том, что после падения продуктивности, наблюдаемого в 2000 г. (что связано с ухудшением климатических условий



по сравнению с 1999 г.), только вариант с внесением жидкого свиного навоза дал урожайность выше уровня 1999 г., а вариант с применением минеральных азотных и калийных удобрений лишь достиг уровня былой продуктивности. Урожайность же варианта без внесения удобрений даже в 2002 г. не достигает уровня 1999 г., что, скорее всего, связано с усугубляющимся дисбалансом элементов питания.

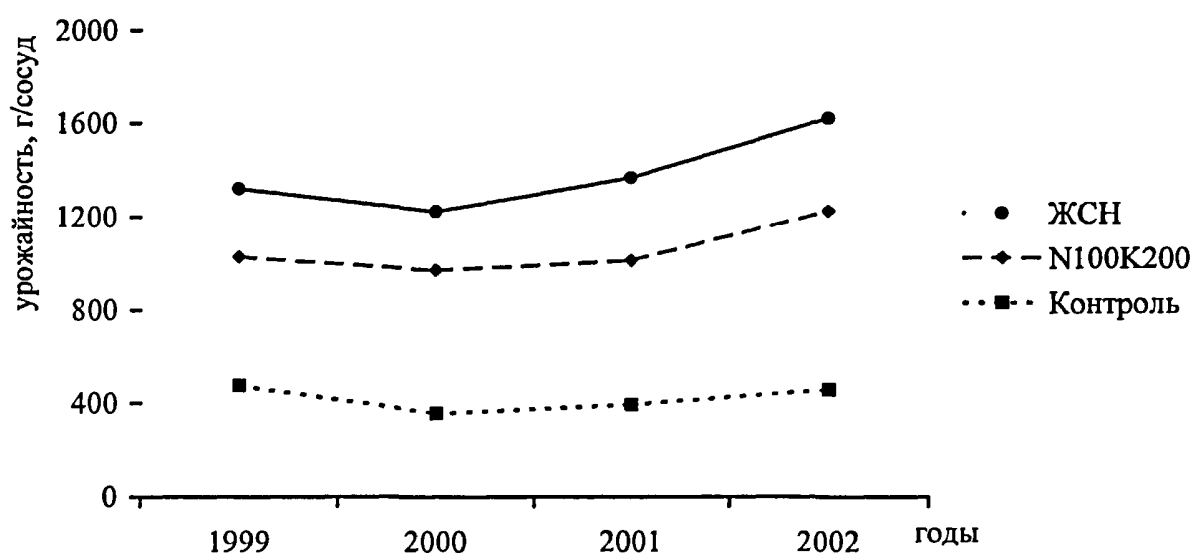


Рис. 15. Динамика урожайности рапунтика сафлоровидного (левзеи сафлоровидной) за 1999-2002 гг.

За время исследования левзея стабильно давала по два укоса в год, причем второй укос значительно (на 30 – 200 %) продуктивнее первого (табл. 7.3). При этом оба изучаемые варианта дали достоверную и очень большую прибавку урожая по сравнению с контрольным вариантом, а также достоверную разницу урожайности между собой в пользу варианта с продолжающимся внесением жидкого свиного навоза в дозе 200 м<sup>3</sup>/га ежегодно.

В рамках влияния удобрений на структуру урожая следует отметить некоторые особенности формирования биомассы левзеи: в первые два

Таблица 7.3

Влияние жидкого свиного навоза  
на урожайность левзеи сафлоровидной (надземная зеленая масса)

Вариант	Масса 1-го укоса, кг/ м <sup>2</sup>		Масса 2-го укоса, кг/м <sup>2</sup>		В сумме за 2 укоса		
	в среднем по вари- анту	разница с кон- тролем	в сред- нем по варианту	разни- ца с кон- тролем	в сред- нем, кг / м <sup>2</sup>	разница с контролем	
						кг/ м <sup>2</sup>	%
1999 г.							
Контроль	1,05	-	2,72	-	3,77	-	-
ЖСН-200	2,60	1,55	7,87	5,15	10,47	6,70	178
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	2,03	0,98	6,13	3,41	8,16	4,39	116
<i>HCP<sub>05</sub></i>		0,44		0,65		0,58	
2000 г.							
Контроль	1,20	-	1,63	-	2,83	-	-
ЖСН-200	3,00	1,80	6,70	5,07	9,70	6,87	243
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	2,90	1,70	4,80	3,17	7,70	4,87	172
<i>HCP<sub>05</sub></i>		0,40		0,30		0,36	
2001 г.							
Контроль	1,12	-	2,00	-	3,12	-	-
ЖСН-200	3,00	1,90	7,84	5,84	10,84	7,72	247
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	2,21	1,09	5,83	3,83	8,04	4,92	158
<i>HCP<sub>05</sub></i>		0,20		0,20		0,21	
2002 г.							
Контроль	1,18	-	2,44	-	3,62	-	-
ЖСН-200	3,84	2,66	9,24	6,80	13,08	9,46	261
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	3,12	1,94	6,60	4,16	9,72	6,10	168
<i>HCP<sub>05</sub></i>		0,56		0,5		0,63	

года к моменту первого скашивания зеленой массы левзеи (1 укос) разница в урожайности между вторым (внесение жидкого свиного навоза) и третьим (внесение азотных и калийных удобрений) вариантами была незначительна. То есть, весеннее отрастание культуры шло практически синхронно на обоих удобряемых вариантах, но к середине онтогенеза растения, удобренные жидким свиным навозом, давали более мощный прирост и суммарную продуктивность.

Можно отметить, что лучше всего растения на начальном этапе развиваются на варианте с внесением минеральных удобрений ( $N_{100}K_{200}$ ). В целом они отличаются большей высотой и развитием генеративных органов. Растения же варианта с внесением жидкого свиного навоза характеризуются более мощным развитием вегетативной массы. Левзея сафлоровидная на контрольном варианте была наиболее угнетенной. То есть, можно утверждать, что минеральные удобрения стимулируют развитие генеративных органов, а применение свиного навоза сказывается на биомассе вегетативных органов, что подтверждают данные таблицы 7.4.

Таблица 7.4

Урожайность семян левзеи сафлоровидной

Вариант	Масса семян (среднее по варианту)		Прибавка к контролю, ±		
	г/сосуд	кг/м <sup>2</sup>	г/сосуд	кг/м <sup>2</sup>	%
Контроль	3,2	0,025	-	-	-
ЖСН-200	4,4	0,035	1,2	0,010	38
$N_{100}K_{200}$	9,1	0,072	5,8	0,047	181
<i>HCP<sub>05</sub></i>			0,5		

Они свидетельствуют, что урожайность семян в вариантах с внесением жидкого свиного навоза и минеральных удобрений выше, чем на контроле. Однако больший эффект на генеративную функцию растений оказали мине-

ральные удобрения ( $N_{100} K_{200} - 181,3 \%$ ) по сравнению с жидким свиным навозом (38 %). Это еще раз подтверждает влияние минеральных удобрений на развитие левзеи на начальных этапах вегетации.

Таким образом, можно сделать вывод, что минеральные удобрения стимулируют развитие растений в начальный период вегетации, но в дальнейшем они оказывают меньший эффект на урожайность, чем жидкий свиной навоз.

Исходя из целей выращивания левзеи сафлоровидной, хозяйству можно предложить следующие агрохимические приемы ухода за его посевами:

- если растения выращиваются на семена, то в начале вегетации следует применять минеральные подкормки;
- если же растения выращивают на зеленую массу, то можно вносить органические удобрения.

В таблице 7.5 приведены данные по суммарной продуктивности изучаемых в опыте культур.

Таблица 7.5

Суммарная продуктивность культур в микрополевом опыте (1996-2002 гг.)

Варианты опыта	Урожайность культур, кг к.ед/м <sup>2</sup>				В среднем за 1 год	
	Амарант	Озимая рожь	Рапонтник	В сумме за 6 лет	кг к.ед/м <sup>2</sup>	%
Контроль	0,88	0,30	3,07	4,25	0,71	100
ЖСН-200	1,08	0,38	10,18	11,64	1,94	273
$N_{100}K_{200}$	1,32	0,33	7,73	9,38	1,56	219
$HCP_{05}$	0,17	0,09	0,45			

По итогам исследований выявлено, что преимущество почти всегда оставалось за вариантом с внесением жидкого свиного навоза – сбор урожая составил 11,64 кг к.ед./м<sup>2</sup>, что на 173 % выше, чем на контроле и на 54 %

выше продуктивности варианта с использованием азотных и калийных удобрений. При этом следует отметить, что максимальный эффект от внесенных удобрений получен на левзее. Продуктивность данной культуры составила в среднем 1,00 - 2,5 кг к.ед./м<sup>2</sup> в год, что в 2 - 7 раз выше продуктивности амаранта и озимой ржи.

Однако высокие показатели урожайности получаемых культур не всегда определяют удовлетворительное качество получаемой продукции. Зачастую за получением сверхвысоких урожаев скрываются серьезные нарушения, затрагивающие безопасность продуктов питания. Контроль за качеством получаемой продукции – на сегодняшний день одно из приоритетных направлений государственной политики во всех областях народного хозяйства.

Качество и безопасность зеленой массы кормовых сельскохозяйственных культур оценивались по содержанию элементов питания и тяжелых металлов в надземной массе растений левзеи, а также по содержанию основных веществ, характеризующих кормовую ценность этой сельскохозяйственной культуры. Результаты определения содержания основных элементов питания в продукции урожая 2001 года приведены в таблице 7.6.

Таблица 7.6

Влияние жидкого свиного навоза на содержание основных элементов питания в воздушно-сухой надземной массе рапонтника сафлоровидного

Вариант	Содержание N, %		Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %		Содержание K <sub>2</sub> O, %	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	1,10	1,33	0,30	0,31	2,02	2,44
ЖСН-200	1,72	1,83	0,49	0,60	2,60	2,26
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	2,27	2,50	0,37	0,41	2,83	2,42
<i>НСР<sub>05</sub></i>	<i>0,42</i>	<i>0,40</i>	<i>0,10</i>	<i>0,20</i>	<i>0,21</i>	<i>0,18</i>

Исходя из приведенных данных, можно отметить следующее: содержание фосфора в урожае первого укоса достоверно выше контрольного значе-

ния только в варианте с внесением жидкого свиного навоза. Эта же тенденция прослеживается и во втором укосе. Следует отметить, что динамика изменения содержания фосфора в продукции контрольного варианта аналогична варианту с внесением жидкого свиного навоза и варианту с внесением минеральных удобрений: содержание  $P_2O_5$  увеличивается от первого ко второму укосу. Содержание калия в растительных образцах первого укоса достоверно выше контрольного значения в обоих опытных вариантах.

К концу вегетации (2<sup>й</sup> укос) содержание калия в растениях снижается в обоих вариантах, что, возможно, объясняется его реутилизацией. Увеличение калия в контрольном варианте второго укоса по сравнению с первым можно объяснить тем, что растения этого варианта запаздывали в развитии по сравнению с растениями в опытах с использованием жидкого свиного навоза и азотных и калийных удобрений, и фаза реутилизации по данному элементу у них еще не наступила. Также следует обратить внимание и на то, что во всех без исключения вариантах преобладающим в выносе элементов питания является калий, что подтверждает требовательность опытной культуры – левзеи сафлоровидной – по отношению к этому биогенному элементу.

Содержание азота в растениях закономерно увеличивается в течение вегетации (от 1<sup>го</sup> ко 2<sup>му</sup> укосу) на всех вариантах опыта. При этом содержание азота в обоих удобряемых вариантах достоверно выше по сравнению с контроле (с внесением жидкого свиного навоза и азотно-калийных удобрений). Следует отметить, что минеральные удобрения способствовали большему накоплению азота в растительном материале (N - 2,27-2,50 %), по сравнению с органическими (N – 1,72-1,83 %).

Расчет баланса основных элементов питания (табл. 7.7 и 7.8), произведенный на основе данных опыта за 2001 г., показал, что внесение удобрений не обеспечивает накопление калия и азота в почве, но практически сохраняет нулевой баланс фосфора. Судя по выносу элементов питания,

Таблица 7.7

Вынос элементов питания надземной массой рапунтика сафлоровидного, г/м<sup>2</sup>

Варианты опыта	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Вынос за 1 год		
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	3,3	7,2	0,9	1,7	6,1	13,0	10,5	2,6	19,1
ЖСН-200	15,5	43,0	4,4	14,1	23,4	46,6	58,5	18,5	70,0
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	12,0	35,0	2,0	5,7	14,8	33,6	47,0	7,7	48,4

Таблица 7.8

Баланс элементов питания в вегетационно-полевом опыте, г/м<sup>2</sup>

Варианты опыта	Приход			Расход			Баланс		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	-	-	-	10,5	2,6	19,1	-10,5	-2,6	-19,1
ЖСН-200	14	20	12	58,5	18,5	70,0	-44,5	+1,5	-58,0
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	10	-	20	47,0	7,7	48,4	-37,0	-7,7	-28,4

определяемому как сводный результат процентного содержания NPK и величины урожая, максимума он достигает на варианте с продолжающимся внесением ЖСН, где отмечено и большее внесение элементов питания в почву. В целом баланс элементов питания может быть охарактеризован как отрицательный, а по калию – как критический.

Полученные результаты еще раз подтверждают, что даже при высокой продуктивности сельскохозяйственных растений (как в варианте с внесением свиного навоза под левзею сафлоровидную) в почве может идти накопление фосфора, но при этом она обедняется калием и азотом (в том числе, возможно, и за счет минерализации гумуса).

Из качественных характеристик изучалось также содержание клетчатки и нитратов в растительном материале. Результаты определений представлены в таблице 7.9.

Таблица 7.9

Влияние удобрений на содержание клетчатки и нитратов  
в зеленой массе левзеи сафлоровидной

Вариант	Содержание клетчатки, %		Содержание NO <sub>3</sub> , мг/кг	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	17,7	19,0	121	156
ЖСН-200	23,5	25,3	191	244
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	21,6	22,6	242	260
<i>Нормативы</i>	24 <sup>*)</sup>	24 <sup>*)</sup>	500 <sup>**)</sup>	500 <sup>**)</sup>
<i>НСП<sub>05</sub></i>		0,4		38

<sup>\*)</sup> – массовая доля клетчатки в сухом веществе, для кормов 1-го класса, %;

<sup>\*\*)</sup> – предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов в кормах сельскохозяйственных животных, мг/кг корма натуральной влажности

Установлено, что по содержанию клетчатки зеленая масса левзеи в большинстве определений соответствует нормативам первого класса качества и лишь только биомасса культуры, выращиваемой на варианте с внесе-



нием свиного навоза, ко второму укусу накопила клетчатки больше, чем допустимо по требованиям для первого класса качества (Белоносов Н.И., Калмансон С.Я., 1968).

При этом, однако, Г.С. Посыпановым и Н.Г. Тазиной (1997) в опытах с козлятником восточным выявлена противоположная тенденция: с улучшением фосфорного питания содержание клетчатки уменьшалось.

Содержание нитратов на всех изучаемых вариантах было значительно (почти в 2 раза) выше, чем содержание нитратов на контроле. Однако вся продукция, полученная в опыте, соответствует указанным нормативам и не превышает величины предельно допустимой концентрации нитратов в зеленых кормах для сельскохозяйственных животных (в мг на 1 кг корма натуральной влажности).

На сегодняшний день наиболее значимым и актуальным показателем, определяющим качество и безопасность получаемой продукции, является содержание в ней поллютантов.

Приведенные в таблице 7.10 данные по количеству тяжелых металлов в надземной массе левзеи свидетельствуют, что получаемая опытная продукция на всех вариантах опыта не отвечает требованиям для кормов, установленным Департаментом ветеринарии Минсельхоза России (Методические указания..., 2002). Основанием для такого вывода послужило сопоставление содержания экотоксикантов с соответствующими нормативами ПДК (Методическое пособие ..., 1996). Было установлено, что по кадмию превышение составило 4,6 ПДК, по цинку – 1,2-1,4 ПДК, по никелю – 6,7-7,9 ПДК, 1,1-1,5 ПДК – по хрому и только свинец содержался в количествах, не превышающих существующие нормативы.

Объяснения данному факту, вероятнее всего, кроется в условиях проведения вегетационно-полевого опыта. Достаточная влагообеспеченность, поддерживаемая в сосудах, способствует повышению подвижности элементов, в том числе и тяжелых металлов, и, как следствие, – увеличению их

Таблица 7.10

Содержание тяжелых металлов в растительной продукции рапонтника сафлоровидного  
и вынос их суммарным урожаем, 2002 г.

Варианты опыта	Содержание элементов, мг/кг					Вынос элементов суммарным урожаем, мг/м <sup>2</sup>				
	Pb	Cd	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd	Zn	Ni	Cr
Контроль	1,22	0,15	110,0	3,93	0,22	1,2	0,15	107,8	3,9	0,22
ЖСН-200	1,05	0,13	71,0	3,66	0,27	4,1	0,51	276,9	14,3	1,05
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	1,14	0,15	88,0	3,33	0,30	2,6	0,35	202,4	7,7	0,69
<i>ПДК</i>	<i>5,00</i>	<i>0,03</i>	<i>50,0</i>	<i>0,50</i>	<i>0,20</i>					

доступности растениям. В то же время ограничение площади питания обеспечивает наиболее интенсивное поглощение веществ левзеей сафлоровидной по сравнению с естественными полевыми условиями. При этом наибольшее количество тяжелых металлов выносится урожаем варианта с использованием жидкого свиного навоза в дозе  $200 \text{ м}^3/\text{га}$ , что объясняется повышенным количеством поллютантов и высокой урожайностью данного варианта. Факт низкой концентрации тяжелых металлов в растительной продукции варианта с использованием свиного навоза по сравнению с контрольным вариантом, удобрявшимся ранее жидким свиным навозом, может быть связан с биологическим разбавлением вещества.

Очень высокое содержание никеля в растениях, однако, не противоречит литературным данным. Например, исследованиями Е.И. Волошина (2001) установлено, что в клевере содержание никеля может достигать  $11,95 \text{ мг/кг}$ , в естественном травостое –  $5,45 \text{ мг/кг}$ . Причем, данные культуры произрастали на незагрязненных по данному элементу почвах. Вынос цинка левзеей варианта с использованием органических удобрений составляет лишь 59 % от общего количества его подвижных форм, что в свою очередь объясняет накопление данного элемента в опытной почве.

Дополнительным показателем оценки степени загрязнения растительной продукции является расчет коэффициента биоаккумуляции ( $K_a$ ), который показывает, во сколько раз концентрация токсиканта в растении выше, чем в почве. Данные соответствующих расчетов приведены в таблице 7.11.

По свинцу, кадмию и хрому значения  $K_a$  не превышают единицы, что свидетельствует о достаточной эффективности защитных систем в растениях по данным элементам. В то же время по отношению к цинку и никелю проявляется кумулятивный эффект. Эти данные согласуются с коэффициентами биопоглощения (табл. 7.12), показывающими, какую часть от имеющихся почвенных запасов элемента усваивают растения.

Таблица 7.11

Коэффициенты биоаккумуляции тяжелых металлов  
в растительной массе левзеи сафлоровидной,  
в относительных единицах

Варианты опыта	Pb	Cd	Zn	Ni	Cr
Контроль	0,18	0,35	5,74	1,01	0,02
ЖСН - 200	0,16	0,24	2,19	1,11	0,02
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	0,17	0,30	3,65	1,08	0,02

Таблица 7.12

Коэффициенты биологического поглощения тяжелых металлов  
левзеей сафлоровидной, %

Варианты опыта	Pb	Cd	Zn	Ni	Cr
Контроль	0,06	0,13	2,03	0,36	0,01
ЖСН - 200	0,23	0,33	3,08	1,57	0,03
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	0,14	0,25	3,02	0,90	0,02

Наиболее высокие коэффициенты отмечены у цинка и никеля, а наименьшие – у хрома и свинца. Следует отметить, что растения варианта с внесением свиного навоза характеризуются высокими значениями данного показателя для всех изучаемых тяжелых металлов по сравнению с растениями других вариантов, что позволяет отнести левзею сафлоровидную (рапонтик сафлоровидный) к культурам, обладающим повышенной способностью к аккумуляции тяжелых металлов, особенно проявляющейся в случае применения под нее свиного навоза. Преимущественная аккумуляция Zn и Ni некоторыми видами растений (полынь обыкновенная и одуванчик лекарственный) из почвы, где содержание этих элементов превышало их кларковые уровни,

подтверждено также исследованиями Д.И. Башмакова и А.С. Лукаткина (2002).

Известно, что применение удобрений в сельском хозяйстве обычно оценивается и с агро-экономических позиций. Это требование должно быть сохранено и при направлении отходов промышленного свиноводства на утилизацию их в агроэкосистеме. При этом количественная оценка эффективности применения разного рода удобрительных материалов может быть выражена через окупаемость удобрений прибавкой урожая.

Подобный расчет проведен нами на материалах многолетнего вегетационно-полевого опыта для основной культуры, выращиваемой в нем – левзеи сафлоровидной (табл. 7.13).

Таблица 7.13

Сравнительная агрономическая оценка применения  
жидкого свиного навоза и минеральных удобрений  
на рапонтике сафлоровидном

Варианты опыта	Урожайность, кг к. ед./м <sup>2</sup>	Прибавка урожая, кг к.ед./м <sup>2</sup>	Внесено питательных веществ, кг д.в./м <sup>2</sup>	Фактическая окупаемость, кг/кг д.в.
Контроль	3,07	-	-	-
ЖСН-200	10,18	7,11	0,18	39,5
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	7,73	4,66	0,12	38,8

Как видно из представленных данных, урожайность варианта с использованием свиного навоза в 1,5 раза выше урожайности на варианте с использованием минеральных азотных и калийных удобрений. Однако, наряду с этим, и питательных веществ внесено в 1,5 раза больше на варианте с внесением жидкого свиного навоза. В результате этого окупаемость исследуемых доз минеральных туков сопоставима с окупаемостью органических удобрений и ее можно охарактеризовать как высокую.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующее заключение:

- максимальная суммарная продуктивность культур наблюдалась на варианте с продолжающимся внесением жидкого свиного навоза. Прекращение удобрения почвы навозом, как и предполагалось, привело к снижению урожайности культур (в опытных условиях – на 173 %). Вариант с минеральной системой применения удобрений по продуктивности был близок к варианту с продолжающимся внесением жидкого свиного навоза;
- качество растениеводческой продукции на варианте с внесением жидкого свиного навоза в ряде случаев не соответствовало нормативным требованиям. Так, например, содержание клетчатки в зеленой массе левзеи сафлоровидной превышало рекомендуемую норму для кормов 1 класса;
- по содержанию тяжелых металлов растительная продукция не может быть признана качественной, в связи с чем данному хозяйству следует проводить жесткую политику в области обеспечения безопасности растениеводческой продукции;
- баланс элементов питания в почве по азоту и калию был отрицательным на всех вариантах опыта. При этом максимальный дефицит данных элементов наблюдался на варианте с внесением 200 т/га жидкого свиного навоза, что, безусловно, связано с высокой продуктивностью выращиваемых культур и большим, чем на контрольном варианте, выносом элементов единицей продукции.
- в почве вариантов без внесения жидкого свиного навоза баланс фосфора был отрицательным. При этом большее снижение содержания данного элемента, на основании полученных данных, можно ожидать на варианте  $N_{100}K_{200}$ . При продолжающемся внесении органических удобрений в высоких дозах баланс фосфора был положительным, что позволяет спрогнозировать дальнейшую аккумуляцию

*фосфорсодержащих соединений в почве. Однако скорость данного процесса можно регулировать, подбирая культуры севооборота соответствующим образом.*

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных хозяйству можно рекомендовать следующее:

- 1) на отдельных участках с аномально высоким содержанием подвижных фосфатов (более 1000 мг/кг) временно прекратить утилизацию свиного навоза и перейти на минеральную систему, включающую ежегодное применение азотно-калийных удобрений;
- 2) на участках с интенсивной нагрузкой (утилизация высоких доз жидкого свиного навоза) следует выращивать высокоурожайные кормовые культуры, в том числе и нетрадиционные (левзею сафлоровидную, амарант багрянолистный), которые обеспечивают высокий вынос элементов питания (в том числе и фосфора).

## 7.2. Оценка эффективности разных форм свиного навоза

Как было указано ранее, при существующих способах содержания животных на свиномкомплексе, удалении и очистке отходов животноводства, в хозяйстве образуются три вида органических удобрений: твердый свиной навоз (ТСН), жидкий свиной навоз (ЖСН) и активный ил (Ил). Они значительно различаются между собой по химическому составу, микробиологическим свойствам, количеству вредных примесей и, наконец, влажности.

Все вышеотмеченное необходимо учитывать при определении доз внесения удобрений, а также выборе участков для их фактического внесения. Так, если твердый свиной навоз можно вносить и на участках с относительно высоким залеганием грунтовых вод, то жидкие удобрения желательно применять на более высоких элементах рельефа. Учитывая же, что ТСН является

более концентрированным удобрением, дозы его должны быть значительно ниже, чем жидкого свиного навоза или илообразных стоков.

Поскольку фактический выход всех видов органических удобрений в хозяйстве достаточно велик, необходимо было определить максимальную (предельную) дозу их внесения.

#### Исследование с твердым свиным навозом

Твердый свиной навоз (ТСН) – наиболее концентрированное органическое удобрение, получаемое в качестве побочной продукции в ОАО «Ильиногорское». Консистенция этого удобрения позволяет вносить его машинами типа РОУ. При содержании азота 0,36 % весь накопленный за год ТСН можно утилизировать на площади 240 га при дозе внесения 83 т/га, соблюдая экологическую норму по поступлению в почву азота (300 кг/га), т.е. без нанесения существенного ущерба окружающей природной среде. В наших исследованиях применялись более высокие дозы навоза с перспективой изучения его последствий и влияния на свойства почвы при разовом и налагающемся влиянии. Результаты учета урожая кукурузы в опыте представлены в таблице 7.14.

Следует отметить, что внесение ТСН привело к угнетению кукурузы. Это отразилось на высоте растений, урожае, накоплении сухого вещества. Произошло снижение рассматриваемых параметров не только по сравнению с действием минеральных удобрений, но и по сравнению с контролем без удобрений. Высота растений снизилась с 84 см на контроле до 74-54 см при внесении навоза, в то время как применение минеральных удобрений увеличило ее почти на 50 %. При этом с увеличением дозы удобрения рост растений снижается практически пропорционально: при дозе 50 т/га – на 12 %; 100 т/га – на 24 %; 150 т/га – на 36 %.

Аналогичная связь отмечена при учете урожая. Если минеральные



Таблица 7.14

Влияние твердого свиного навоза на продуктивность кукурузы

Варианты опыта	Высота растений, см			Урожайность (естеств. вл.), г/сосуд			Содержание сухого вещества, %			Масса сухих растений, г/сосуд		
	в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю	
		см	%		г	%		%	относ. %		г	%
Контроль	84	-	-	99,8	-	-	28,8	-	-	29	-	-
N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>	124	+40	48	428,5	+328,7	329	29,6	+0,8	3	124,8	+95,8	330
ТСН, 50	74	-10	-12	66,3	-33,5	-34	16,2	-12,6	-44	10,7	-18,3	-63
ТСН, 100	64	-20	-24	50,0	-49,8	-50	16,2	-12,6	-44	8,0	-21,0	-72
ТСН, 150	54	-30	-36	34,0	-65,8	-66	16,3	-12,5	-43	5,5	-23,5	-81
НСР <sub>05</sub>	10,3			19,7								

удобрения увеличили его почти на 330 % по сравнению с контролем, то применение органических удобрений в минимальной дозе снизило его на 34 %, в средней – на 50 %, а в максимальной дозе – на 66 %. Более того, внесение ТСН привело к снижению содержания в растительной продукции сухого вещества, почти в 2 раза по сравнению с контролем. Однако доза удобрения не оказала влияния на этот показатель.

Объясняя отрицательное влияние изучаемого удобрения на развитие кукурузы, необходимо учитывать следующее.

Общее количество питательных веществ (NPK), поступивших в почву с минимальной дозой, составило 672 мг, со средней – 1344 мг, с максимальной – 2016 мг, с минеральными удобрениями – 3000 мг. Т.е. даже при максимальной дозе навоза поступление элементов в почву было в 1,5 раза ниже, чем с минеральными удобрениями. Учитывая же, что основная часть азота и фосфора в ТСН находится в органической форме, угнетение растений избыточной концентрацией элементов объяснено быть не может.

Нельзя это объяснить и диспропорцией элементов, а именно явным недостатком калия, поскольку в ниже рассматриваемых опытах с ЖСН и илом этот элемент также находится в явном недостатке, но угнетение растений не отмечено. Следовательно, причину угнетения растений следует искать не столько в химическом составе (в данном случае в содержании в нем основных питательных веществ для растений), сколько в физических и биологических особенностях рассматриваемого удобрения.

Прежде всего, обращает на себя внимание большое содержание в удобрении плохо разложившихся опилок, которые являются хорошим энергетическим материалом, служащим для интенсивного развития почвенных микроорганизмов. Бурно развиваясь, микроорганизмы становятся мощными конкурентами растений в потреблении питательных веществ, что приводит к «голоданию» последних и, соответственно, снижает их урожай. Кроме того, возможно, такой навоз содержит токсичные примеси, сдерживающие перво-

начальный рост растения, начиная с их прорастания (см. главу 6, раздел 6.3), что впоследствии также приводит к снижению урожая.

Таким образом, вопрос применения ТСН в высоких дозах требует дальнейшего изучения. В частности, необходимо определить влияние его на токсичность почвы в зависимости от дозы внесения и периода взаимодействия с ней (для установления оптимальных сроков внесения). Кроме того, желательно определить ферментативную активность почвы, поскольку от нее зависит интенсивность протекания различных процессов в самой почве.

#### Опыт с использованием навозных илосодержащих стоков (Ил)

Агрохимический анализ ила показал, что при содержании в нем азота 0,16 %, предельная доза его внесения составит 188 т/га. Исследованиями же предусмотрено внесение более (в 1,6 раз) высоких доз. Результаты учета урожая, полученного в опыте, представлены в таблице 7.15.

Как следует из приведенных данных, вносимые удобрения оказали влияние на все рассматриваемые параметры кукурузы. Высота растений увеличилась по сравнению с контролем на 30-82 %, а урожайность – на 140 - 450 %. Более того, вносимые удобрения оказали влияние и на накопление сухого вещества растениями, содержание которого увеличилось на 25-43 %.

Минеральные удобрения были более эффективны, чем первые две (100 и 200 т/га) изучаемые дозы ила. Это вполне объяснимо, поскольку количество внесенных с органическим удобрением азота и фосфора было в 3-1,5 раза, а калия – в 24-12 раз ниже, чем с минеральными их формами. Максимальная доза изучаемого удобрения была равноценной минеральным удобрениям по влиянию на высоту возделываемых растений, существенно превосходила их по действию на урожайность, но уступала (в том числе и более низким дозам ила) по накоплению сухого вещества.

Определение содержания нитратов в растениях кукурузы показало, что их количество изменялось от 50 до 70 мг/кг, т.е. было значительно ниже ПДК

Таблица 7.15

Влияние илообразующих стоков свинокомплекса на продуктивность кукурузы

Варианты опыта	Высота растений, см			Урожайность (естеств. вл.), г/сосуд			Содержание сухого в-ва, %			Масса сухих растений, г/сосуд		
	в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю	
		см	%		г	%		%	относ. %		г	%
Контроль	79			118,1			16,8			19,8		
N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>	137	+58	73	425,3	+307,2	260	24,0	+7,2	43	102,0	+82,2	415
Ил, 100	103	+24	30	287,5	+169,4	143	23,5	+6,7	40	58,3	+38,5	194
Ил, 200	110	+31	39	361,2	+243,1	206	23,9	+7,1	42	87,6	+67,8	342
Ил, 300	144	+65	82	647,8	+529,7	449	21,0	+4,2	25	137,0	+117,2	592
<i>HCP<sub>05</sub></i>	14,2			38,4								

(500 мг/кг), установленного для кормов. При этом удобрения какого-либо заметного влияния на данный показатель не оказали.

*Увеличение дозы навозных илосодержащих стоков со 100 до 200 т/га и с 200 до 300 т/га агрономически оправдано, не сопряжено с загрязнением продукции нитратами, а потому с этих позиций вполне допустимо. Но, поскольку используемые дозы азота при внесении 200-300 т/га превышают допустимые нормы, необходимо дополнительное проведение исследований по изучению влияния их на почву и сопредельные среды.*

#### Влияние жидкого свиного навоза на продуктивность кукурузы

Жидкий свиной навоз является основным отходом производства ОАО «Ильиногорское». Общее накопление его составляет около 400000, что в 20 раз больше, чем твердого навоза, и в 8 раз больше, чем илосодержащих стоков. Содержание азота в этом удобрении в 5-2,3 раза ниже, чем в ранее рассмотренных. Большой объем накопления делает его утилизацию на полях хозяйства наиболее проблематичной. Исходя из этого, изучаемые в опыте дозы жидкого свиного навоза превосходят рекомендуемые для хозяйства количества по внесению. Результаты учета урожая, полученного в опыте, представлены в таблице 7.16.

Как следует из приведенных данных, внесение удобрений оказало положительное влияние на рост и развитие кукурузы. Высота растений изменялась от 90 см на контроле до 144 см при внесении максимальной дозы жидкого свиного навоза. При этом, в отличие от опыта с илом, уже вторая опытная доза превосходила действие минеральных удобрений (134 см против 121 см). Динамика урожайности имела ту же закономерность, что и в опыте с навозными илосодержащими стоками: минимальная прибавка (118 % к контролю) получена при внесении первой опытной дозы – 200 т/га; увеличение дозы в два раза привело к 1,5 кратному росту урожая (с 200 до 307 г),

Таблица 7.16

## Влияние жидкого свиного навоза на продуктивность кукурузы

Варианты опыта	Высота растений, см			Урожайность (естеств. вл.), г/сосуд			Содержание сухого в-ва, %			Масса сухих растений, г/сосуд		
	в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю		в сред. по вар-ту	± к контролю	
		см	%		г	%		%	относ. %		г	%
Контроль	90	-	-	92,0	-	-	22,6	-	-	20,8	-	-
N <sub>02</sub> P <sub>02</sub> K <sub>02</sub>	121	+31	34	421,2	+329,2	358	30,5	+7,9	35	127,3	+106,5	512
ЖСН, 200	117	+27	30	200,1	+108,1	118	35,7	+13,1	58	71,2	+50,4	242
ЖСН, 400	134	+44	49	307,4	+215,4	234	34,4	+11,8	52	105,8	+85	409
ЖСН, 600	144	+54	60	545,0	+453,0	492	30,9	+8,3	37	172,3	+151,5	728
<i>НСР<sub>05</sub></i>	21,3			68,9								

а в три раза – повысило урожай до 545 г/сосуд. При внесении ЖСН из расчета 400 т/га урожай кукурузы был ниже, чем при внесении минеральных удобрений на 27 %, а при 600 т/га – выше на 29 %.

Вместе с тем, следует отметить, что уровень урожайности кукурузы при внесении навозных илосодержащих стоков был несколько выше, чем при использовании ЖСН: так, при использовании минимальных доз (100 т/га ила и 200 т/га ЖСН) разница составила 87 г/сосуд; средних (200 т/га и 400 т/га) – 54 г/сосуд; максимальных (300 т/га и 600 т/га) – 103 г/сосуд. Это обусловлено большим количеством питательных веществ, поступивших в почву с навозными илосодержащими стоками (на 42 % больше, чем с ЖСН). При этом основной фактор можно отнести на действие калия, поскольку внесение его с ЖСН было в 2,5 раза ниже на фоне низкого для кукурузы содержания этого элемента в почве. Поступление же азота различалось незначительно, а различия в фосфоре могли компенсироваться высоким содержанием его в почве.

Содержание сухого вещества в растениях в этом опыте было несколько выше, чем в кукурузе, выращиваемой на иле. Это связано, прежде всего, с более поздними сроками уборки. Увеличение сухого вещества в растениях привело к тому, что, несмотря на более высокий уровень урожайности культуры в опыте с илом, более высокий сбор сухого вещества получен при внесении ЖСН. При этом, как и в опыте с илом, внесение всех удобрений способствовало накоплению сухого вещества в кукурузе. Однако в отличие от него максимальное содержание сухого вещества отмечено в растениях, выращиваемых при минимальной (200 т/га) и средней (400 т/га) дозах ЖСН. Дальнейшее увеличение количества вносимого удобрения приводит к увеличению влажности продукции, которая находится на том же уровне, что и при использовании минеральных удобрений.

Определение нитратов в продукции не выявило влияния удобрений на этот показатель, хотя общий уровень содержания их был несколько выше,

чем в опыте с навозными илосодержащими стоками, что связано, прежде всего, с более высоким содержанием в растениях сухого вещества.

*В целом, можно отметить, что увеличение дозы жидкого свиного навоза (как и в рассмотренном ранее опыте с илосодержащими стоками) до 600 т/га способствует росту урожайности культуры, не увеличивая накопления в продукции нитратов, т.е. с агрономических позиций вполне оправдано. Однако влияние таких доз на почву и сопредельные среды требует всестороннего изучения и анализа.*

*Таким образом, в целом можно сделать следующие выводы:*

- внесение жидкого свиного навоза на богатой фосфором дерново-подзолистой почве хозяйства сопровождается повышением урожайности культур: от 23 % на амаранте до 59% - на левзее сафлоровидной;*
- коэффициент использования фосфора из почвы с очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором невысок и изменяется в зависимости от культуры от 0,91 % ((на озимой ржи) до 5,52 % (на амаранте);*
- внесение навозных илосодержащих стоков (100-300 т/га) и жидкого свиного навоза (200-600 т/га) в изучаемых дозах агрономически оправдано, поскольку приводит к существенному увеличению урожая. Более высокие прибавки урожая кукурузы получены при внесении ила, однако содержание сухого вещества, являющегося одним из показателей ценности кормов, в нем ниже, чем при внесении ЖСН, что позволяет в итоге рассматривать эти удобрения как равноценные. Применение же твердого свиного навоза в дозах 50-150 т/га привело к угнетению развития кукурузы, снижению урожайности и ее кормовых достоинств.*

Исходя из этого, следует, что жидкий свиной навоз и ил можно вносить как непосредственно перед посадкой (посевом) культуры, так и (в более низких дозах) – в подкормку. Твердый свиной навоз требует длительного взаимодействия с почвой, что предопределяет целесообразность его осеннего внесения под глубокую обработку почвы.



## Глава 8. Пути оптимизации

### экологических издержек предприятия

#### 8.1. Характеристика экологических платежей

Экологические издержки предприятия включают в себя текущие затраты на охрану окружающей среды, а также экологические и природоресурсные платежи. Текущие затраты на охрану окружающей среды ОАО «Ильинское» представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Текущие затраты на охрану окружающей среды

Статьи затрат	Фактически за год, тыс. рублей		
	2000	2001	2002
Амортизационные отчисления на восстановление основных фондов по охране окружающей среды	1 240,0	1 276,0	2 422,0
Текущие затраты на охрану и рациональное использование водных ресурсов	10 478,4	12 309,0	16 880,4
Текущие затраты на охрану атмосферного воздуха	-	84,0	210,0
Текущие затраты на охрану окружающей среды (земельных ресурсов) от отходов производства	40,6	86,8	70,5
Текущие затраты по рекультивации земель	-	-	-
ИТОГО	10 519,0	12 479,8	17 160,9

Данные свидетельствуют, что отмечается ежегодное увеличение текущих затрат на охрану окружающей среды. Так, в целом, данная расходная статья бюджета предприятия за последние 3 года увеличилась на 6 641 900 рублей. При этом, амортизационные отчисления увеличились почти в 2 раза,

что связано с длительным периодом эксплуатации основных фондов по охране окружающей среды.

Следует отметить, что основная часть текущих затрат приходится на охрану и рациональное использование водных ресурсов (98-99% от общей суммы затрат), что связано с высокими затратами на эксплуатацию устаревших очистных сооружений.

Действующие мощности не только не обеспечивают нормативной очистки стоков, но и постоянно требуют увеличения текущих расходов. Кроме этого, предприятие вынуждено ежегодно затрачивать около миллиона рублей на капитальный ремонт сооружений и установок для очистки сточных вод (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Затраты на капитальный ремонт основных производственных фондов

Статьи затрат	Фактически за год, тыс. рублей		
	2000	2001	2002
Затраты на капитальный ремонт сооружений и установок для очистки сточных вод и рационального использования водных ресурсов	1 908,6	1 392,0	936,6
Затраты на капитальный ремонт сооружений, установок и оборудования для улавливания и обезвреживания вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух	-	-	-
Затраты на капитальный ремонт сооружений, установок и оборудования для размещения и обезвреживания отходов	-	-	-
ИТОГО	1 908,6	1 392,0	936,6

Так, в 2000-2001 гг. был произведен капитальный ремонт аэротенков 1<sup>ой</sup> ступени биологической очистки, выведенных из работы в связи с длительной эксплуатацией в условиях агрессивной среды, и включение их в ра-

боту в качестве 2<sup>ой</sup> ступени биологической очистки. На мероприятие было затрачено 558 тысяч рублей и дополнительно 332 тысячи рублей на монтаж фильтросных труб.

В этот же период времени был произведен капитальный ремонт аэротенков 1<sup>ой</sup> ступени биологической очистки и включение их в работу в качестве усреднителя-преаэратора перед линией биологической очистки 1<sup>ой</sup> ступени. Сумма, затраченная на ремонт, составила 261 000 рублей.

Кроме этого, было завершено строительство 2-х отстойников-илоуловителей с насосной станцией и включение их в работу. Объем капитальных вложений составил 250 тысяч рублей. Ожидаемым экологическим эффектом от вышеперечисленных мероприятий является снижение сброса окисляемых веществ по величине ХПК – на 10 %, БПК – на 10 %, и содержания фосфорсодержащих соединений – на 10 %.

Проводимые мероприятия являются безусловно необходимыми, однако недостаточными, поскольку степень очистки стоков по прежнему далека от нормативной.

Кроме вышерассмотренных статей расхода, в экологические издержки предприятия входит плата за пользование природными ресурсами (табл. 8.3, рис. 16).

Таблица 8.3

Плата за природные ресурсы

Статьи затрат	Фактически за год, тыс. рублей		
	2000	2001	2002
Плата за водные ресурсы	103,7	86,6	353,7
Плата за недра	743,7	877,2	84,7
Плата за землю	64,7	60,9	57,5
ИТОГО	912,1	1 024,7	495,9

Плата за пользование природными ресурсами в 2002 году была существенно снижена в связи с получением лицензии на право пользования подземными источниками.

К экологическим издержкам предприятия относятся также средства, взысканные в возмещение ущерба, причиненного нарушением природоохранного законодательства. Следует отметить, что ОАО «Ильиногорское» в 2001 году по соответствующим искам выплатило 372 800 рублей.

В систему мер экономического регулирования природопользования входит также плата за загрязнение окружающей природной среды. Структура платежей за загрязнение для рассматриваемого предприятия представлена в таблице 8.4.

Как видно из представленных данных, наблюдается увеличение объема платежей за загрязнение окружающей среды. Так, по сравнению с 2000 г., объем платежей в 2002 году увеличился на 450 %. Это, в первую очередь, связано с резким увеличением объема производства, вследствие чего также резко увеличиваются объемы образующихся отходов и побочных воздействий производства. Во вторых, хотя и в меньшей степени, это связано с изменением тарифной политики в части платежей за сверхнормативные сбросы.

Характерной особенностью приведенных данных является то, что основной вклад в платежи (рис. 17) за загрязнение окружающей среды вносит плата за пользование водными объектами, в частности за сбросы недостаточно очищенных производственных стоков в открытые водоемы. Эта плата составляет 85% от общего объема платежей и ее доля не изменяется в течение рассматриваемого временного промежутка.

Данный факт обусловлен тем, что вследствие низкой степени очистки стоков и нестабильной работы очистных сооружений, в водоемы ежегодно сбрасывается такое количество примесей, которое превышает не только предельно допустимые, но и временно согласованные нормативы. Так, в 2002 году плата за сверхлимитный сброс сточных вод составила 203 103 рубля

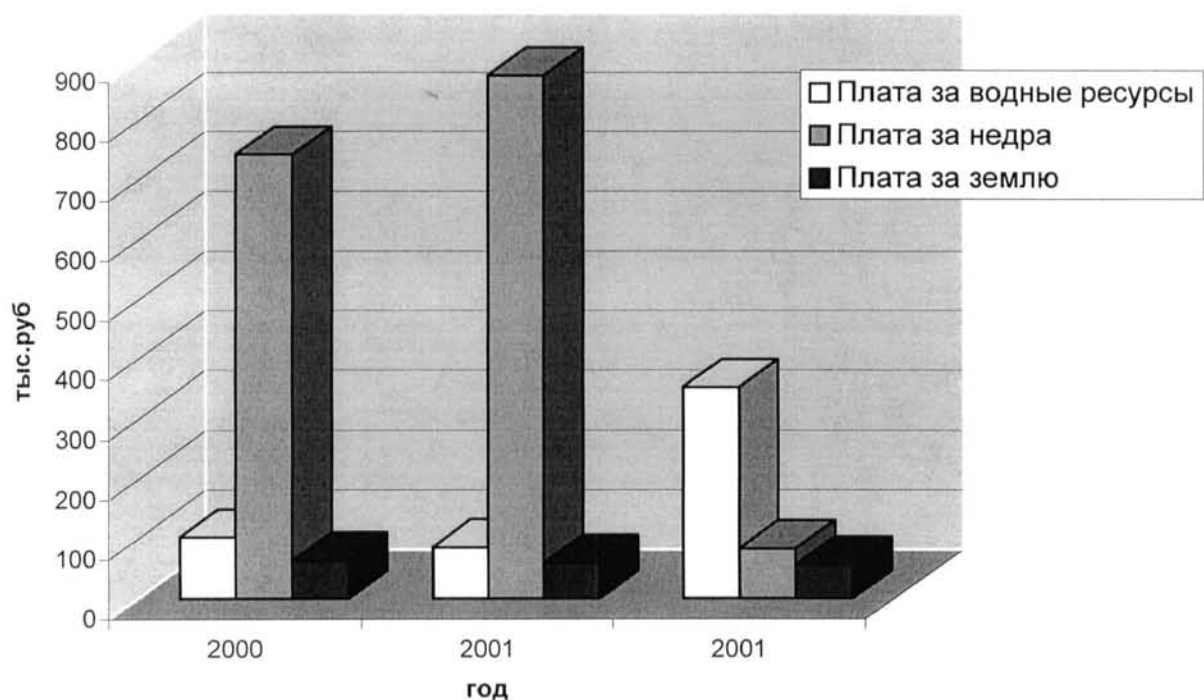


Рис. 16. Плата за природные ресурсы

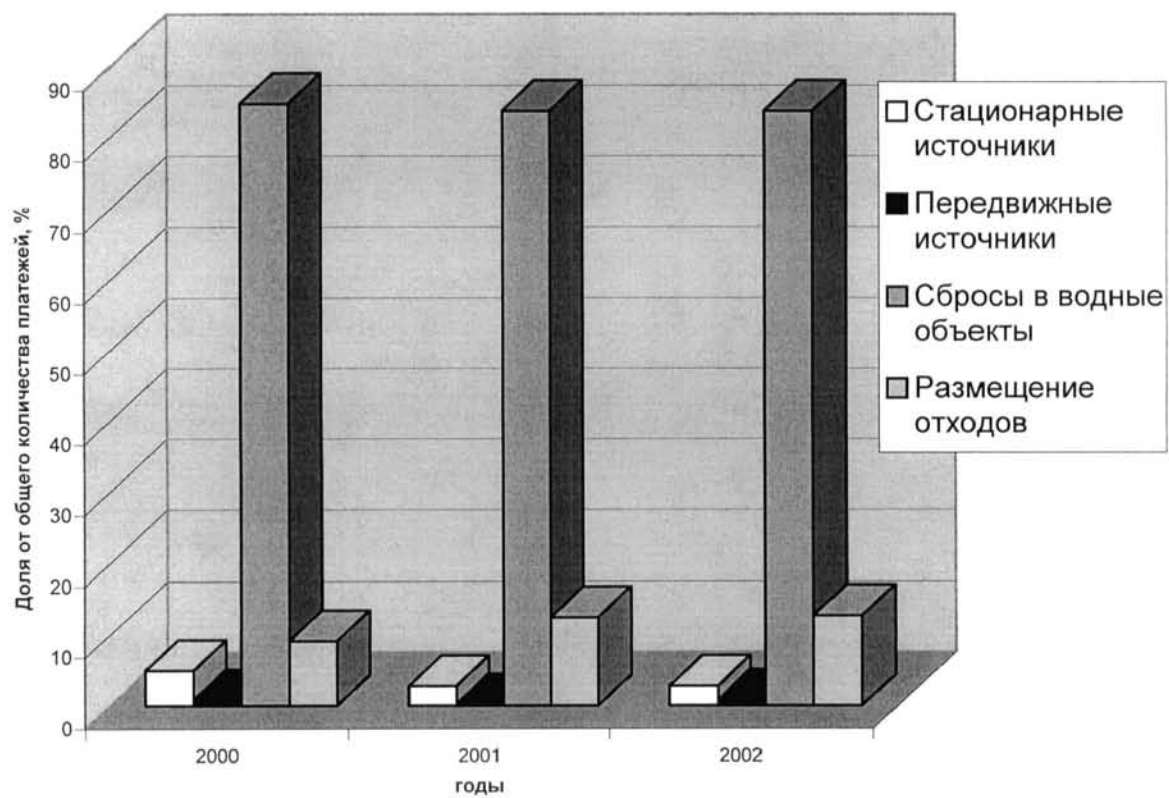


Рис. 17. Структура платежей за загрязнение окружающей среды

Таблица 8.4

## Плата за природные ресурсы

Статьи затрат	Фактически за год, рублей		
	2000	2001	2002
<i>Стационарные источники:</i>			
всего,	15 856,92	27 400,00	37 031,00
в т.ч. в пределах			
- ПДВ	1045,00	1637,00	2105,00
- лимита	-	23676,00	32596,00
- за сверхлимит	-	2088,00	2330,00
Доля от общего количества платежей, %	5	2,8	2,6
<i>Передвижные источники:</i>			
всего,	2395,96	1844,00	11956,00
в т.ч. в пределах			
- ПДВ	2395,96	1844,00	11956,00
- лимита	-	-	-
- за сверхлимит	-	-	-
Доля от общего количества платежей, %	0,8	0,2	0,8
<i>Сбросы в водные объекты:</i>			
всего,	270962,34	818138,00	1200832,00
в т.ч. в пределах			
- ПДС	36010,67	13719,00	101008,00
- лимита	223831,04	471691,00	898721,00
- за сверхлимит	11120,63	332728,00	203103,00
Доля от общего количества платежей, %	85	84	84
<i>Размещение отходов:</i>			
всего,	29420,97	122032,00	184551,00
в т.ч. в пределах			
- лимита	29420,97	122032,00	184551,00
- за сверхлимит	-	-	-
Доля от общего количества платежей, %	9,2	12,5	12,8
ИТОГО	318633,97	969414,00	1434370,00

(17 % от общей платы за сброс сточных вод в водные объекты). Большая же часть платежей стабильно приходится на плату за сброс сточных вод в пределах временно согласованных нормативов (57-82 %).

Вклад остальных составляющих в общую сумму платежей является незначительным и также стабильным.

*Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:*

- *основной вклад в общую сумму платежей вносит плата за сброс в водный объект недостаточно очищенных производственных стоков;*
- *факт постоянства во времени доли платежей за сброс в водный объект предопределяет необходимость оптимизации системы водопользования хозяйства, а именно сокращения объема потребляемой производственными подразделениями воды (что приведет к уменьшению объема стоков) и модернизации или реконструкции существующей схемы очистки стоков свиного комплекса, направленных на снижение уровня концентрации лимитирующих примесей.*

## 8.2. Экономическое обоснование

### стабилизации работы очистных сооружений

Очистные сооружения ОАО «Ильиногорское» введены в эксплуатацию в 1972 году. Основные мощности биологической очистки введены в эксплуатацию в 1989 году. Как показали проведенные исследования, существующие очистные сооружения не осуществляют должной очистки стоков с доведением показателей в очищенной сточной воде до норм, требуемых при сбросе в водоемы 1-й категории, какими являются р. Ока и р. Юганец.

Основными причинами неудовлетворительной очистки стоков является то, что сооружения биологической очистки, построенные по традиционным типовым проектам, не могут обеспечить требуемой степени очистки из-за специфического состава стоков. К тому же необходимо отметить, что в последнее время требования к очистке промышленных сточных вод, поступающих в открытый водоем, стали более жесткими по сравнению с теми, которые существовали на момент проектирования очистных сооружений. Соответственно, достигнуть современных требований по чистоте сбросов без кардинальной реконструкции или изменения технологической схемы очистки невозможно в связи с сильным моральным и физическим износом оборудования. При этом затраты на поддержание основных фондов в работоспособном состоянии являются сопоставимыми с затратами на приобретение современного оборудования для очистки промышленных стоков.

Кроме того, существует проблема утилизации илового осадка. В настоящее время осадок, образующийся в процессе очистки сточных вод, практически не подвергается никакой обработке, он собирается в накопители, по мере их накопления отстаивается и затем запахивается на полях ОАО «Ильиногорское», что, как показали проведенные нами исследования, создает реальную угрозу загрязнения почвы и грунтовых вод.

Развитие и реконструкция очистных сооружений до настоящего времени в основном проводилась по экстенсивной схеме с сохранением прежних технологий очистки, но при увеличении рабочих объемов и ступеней очистки производственного стока.

Проведенный анализ дает основание считать подобную схему развития и реконструкции очистных сооружений не перспективной. Достижение современных требований по качеству сбрасываемых в водный объект стоков на существующих очистных сооружениях без кардинальной реконструкции или изменения технологической схемы невозможно. Для изменения сложившейся ситуации предлагается поэтапная схема изменения технологии очист-



ки промышленных стоков. Для реализации реконструкции нами была выделена наиболее затратная часть технологической схемы очистки стоков, влияющая на стабильность работы очистных сооружений в целом - это обработка осадка, образующегося на всех стадиях технологии очистки стоков.

Номенклатура затрат и значение ожидаемого экономического эффекта приведены в таблицах 8.5 и 8.6.

Таблица 8.5

Сравнение сумм текущих затрат, необходимых  
для функционирования технологий очистки стоков

Наименование сокращаемых затрат при внедрении новой технологии	Размер затрат, т. руб.		
	действующая технология	новая технология	отклонения
1. Транспортные расходы на утилизацию илового осадка	4967	133	4834
в том числе:			
- автотранспорт	663	133	530
- трактора	4304		4304
2. Расход электроэнергии на очистку осветленной воды	4777	3821	956
3. Стоимость коагулянта		500	-500
4. Итого: затраты за год	9744	4454	5290
5. Итого: затраты за 3 года	29232	13362	15870

Экономический эффект предлагаемой системы модернизации технологической схемы очистки навозосодержащих стоков достигается за счет следующих факторов:

- прекращения работы тракторов, занятых на перевозке жидкого илового осадка с иловых карт в компостохранилище и на запашке осадка из иловых отстойников;
- сокращение количества самосвалов, занятых по существующей технологии на перевозке илового осадка с целью запахивания в землю;

- сокращения потребления электроэнергии за счет стабилизации работы всех ступеней очистки стоков, включая ступень биологической очистки.

Таблица 8.6

Затраты, направляемые на приобретение оборудования

Наименование	Ед. измерения	Стоимость
Стоимость установки, включая монтаж и пуско-наладку при курсе доллара США в 31 руб/дол.	долл. США	400 000
Стоимость установки и коагулянта	тыс. руб.	12 400
Приобретение отечественного сопряженного оборудования	тыс. руб.	868
Демонтаж оборудования в фильтровальном корпусе	тыс. руб.	372
Подготовка монтажной площадки и инженерных коммуникаций	тыс. руб.	568
Подготовка проектной документации по размещению фильтр-пресса в фильтровальном корпусе	тыс. руб.	1 004
НИИР (подбор дозировки флокулирующего агента на реальном иловом осадке, оплата части стоимости основного оборудования)	тыс. руб.	372

Для приобретения и запуска в эксплуатацию предлагаемого в плане реконструкции оборудования потребуется привлечение инвестиционного кредита. Пользуясь стандартными методиками, был проведен расчет срока окупаемости предлагаемого проекта при 22% ставке за кредит. Срок окупаемости составит примерно 3 года 9 месяцев. При условии льготного кредитования в размере 17 % за заемные средства срок окупаемости уменьшается, эффективность внедрения новой технологии механического обезвоживания осадка на очистных сооружениях значительно повысится. При этом, общая сумма текущих затрат предприятия на очистку стоков будет практически одинаковой до момента окупаемости проекта. После того, как окупятся рас-

ходы на приобретение установки, расходы предприятия на очистку резко снизятся.

Реализация данного проекта реконструкции позволит приблизиться к соблюдению современных экологических требований к сточным водам, сбрасываемым в водоемы. Кроме того, ожидается сокращение текущих расходов на содержание действующих очистных сооружений и продление срока их эксплуатации за счет снижения технологической нагрузки на все стадии технологического цикла очистки.

В дополнение к вышеперечисленному, изменение технологической схемы обработки осадка позволит:

- повысить устойчивость работы всех ступеней очистки, включая биологическую;
- повысить уровень автоматизации и управляемости процесса очистки;
- повысить культуру производства;
- получить ликвидную продукцию в виде обезвоженного навоза.

*В целом реализация мероприятий, направленных на оптимизацию работ по обработке илового осадка, позволит:*

- *стабилизировать работу очистных сооружений в целом;*
- *предотвратить вынос примесей в виде взвешенных веществ из вторичных отстойников в открытый водоем;*
- *снизить эксплуатационные затраты на эксплуатацию очистных сооружений;*
- *сократить объем осадка, вывозимого на поля захоронения;*
- *повысить стабильность работы агропромышленного комплекса ОАО «Ильиногорское».*

Все вышеотмеченное позволит наиболее полно выполнять Федеральное законодательство по охране окружающей среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, материалы анализа состояния окружающей среды в зоне влияния предприятия промышленного свиноводства на примере базового хозяйства ОАО «Ильиногорское» и результаты, полученные в экспериментальных исследованиях, дополняющих мониторинговые наблюдения в региональной экосистеме, позволяют сделать следующее заключение.

*По системе очистки навозосодержащих стоков предприятия.* Существующие в хозяйстве очистные сооружения не обеспечивают должного качества очистки навозных стоков, т.к. превышение концентрации аммонийного азота в очищенных стоках достигает 6 ПДС, а показатели биологического и химического поглощения кислорода выше, чем предельно допустимые величины в 18,0 и 7,7 раза соответственно. Аналогичные тенденции отмечены и в отношении фосфорсодержащих соединений: содержание  $P_2O_5$  в осветленном стоке составляет 150 мг/л, что значительно превышает экологические нормативы (90 мг/л) и заданные технологические параметры аэротенков (10 мг/л). В ходе технологического процесса очищения свиноводческих стоков образуются органические отходы производства, состоящие из твердого и жидкого свиного навоза, а также илообразующих стоков. На долю каждого из них приходится 4, 86 и 10 % от общего объема отходов соответственно. При этом насыщенность органическими удобрениями в среднем на 1 гектар пашни в хозяйстве за 1996-2002 гг. составила 232 тонны. Отмечается общая тенденция увеличения образования отходов.

Анализ работы очистных сооружений ОАО «Ильиногорское» и существующей схемы утилизации осадка, образующегося на всех стадиях очистки навозосодержащих стоков, позволил определить наиболее затратную часть технологической схемы очистки стоков, влияющую на устойчивость работы всего очистного комплекса – это обработка осадка. Предложен вариант оп-

тимизации процесса очистки промышленных стоков свиноводческого комплекса с использованием стандартной схемы обезвоживания осадка при помощи ленточных пресс-фильтров, что сократит расходы по эксплуатации очистных сооружений на 5,6 млн. руб.

*По гидрологической составляющей экосистемы.* Анализ состояния подземных вод позволяет утверждать, что загрязнению основными биогенными элементами подвергаются не только грунтовые, но и напорные воды. При этом в грунтовых водах нарушено соотношение между разными формами азотных соединений (нитраты, нитриты и солевой аммоний), что свидетельствует о свежем загрязнении и близком расположении источника загрязнения. На территории водозабора выявлена депрессионная воронка, которая способствует поступлению азот- и фосфорсодержащих веществ в воды хозяйственно-бытового назначения.

Химический анализ воды р. Юганец, отобранной из створов, расположенных выше и ниже точки сброса сточных вод, выявил ухудшение качества поверхностных вод по содержанию нитратов, полифосфатов, окисляемости и др. вследствие сброса недостаточно очищенных производственных стоков. Так, содержание нитратов в речной воде после сбросов стоков в среднем в 32 раза выше, чем до него, и существенно превышает величину ПДК, установленную для водоемов рыбохозяйственного значения.

*По влиянию крупного свиного комплекса на характеристику воздушного бассейна.* Анализ качественного и количественного состава газообразных выбросов предприятия позволяет констатировать отсутствие заметного негативного влияния последних на компоненты окружающей среды, в т.ч. и на биологические объекты: фактические объемы выбросов не превышают предельно допустимых нормативов, а максимальные разовые концентрации основных загрязнителей на границе санитарно-защитной зоны практически во всех случаях наблюдений ниже ПДК.

*По состоянию почвенно-биотического комплекса в зоне действия предприятия промышленного свиноводства.* Ежегодная утилизация на землях хозяйства очень больших объемов навозных стоков привела к изменению агрохимических показателей пахотных почв. При этом отмечено существенное снижение кислотности (с 4,3 до 5,6 единиц pH) и нарушение соотношения элементов питания в сторону явного увеличения доли подвижного фосфора ( $P_2O_5 : K_2O$  как 11,2 : 1), на фоне которого содержание калия может рассматриваться как очень низкое (в среднем по хозяйству содержание подвижных форм фосфора составляет 1359 мг/кг, а калия – 121 мг/кг). Агроэкологическое состояние пахотных почв хозяйства по содержанию тяжелых металлов следует оценить как удовлетворительное, т.к. концентрация поллютантов в целом не превышает соответствующие нормативы ПДК. Однако показатель суммарного загрязнения свидетельствует о негативных тенденциях накопления тяжелых металлов в почве. Приоритетным загрязнителем в почвах хозяйства является цинк, коэффициент техногенной концентрации которого достигает 40, что позволяет отнести территорию с такой степенью загрязнения к опасной. При этом ситуацию усугубляет увеличение степени подвижности токсиканта в 6-9 раз и повышение, таким образом, доли доступных для растений элементов, вследствие чего коэффициент биоаккумуляции по цинку составил 5,7. Также установлена корреляционная зависимость между содержанием определяемых тяжелых металлов, что позволяет утверждать о едином источнике загрязнения – свином навозе.

Продолжающееся внесение высоких доз свиного навоза (200 т/га) на почвах, ранее длительное время удобрявшихся им, повышало биологическую активность дерново-подзолистой почвы. При этом активность инвертазы, каталазы, целлюлозоразлагающей, нитрифицирующей способности и интенсивности дыхания почвы увеличивались на 30-50 %. Вместе с тем, при использовании свиного навоза обнаружено проявление токсичности почвы: всхожесть семян левзеи сафлоровидной и энергия их прорастания снижается

на 8-10 %. Потенциальная биологическая активность дерново-подзолистых песчаных почв на 11-27 % ниже, чем таковая у дерново-подзолистых среднесуглинистых почв. При этом дыхание почвы характеризовалось как очень слабое в обоих случаях, целлюлозоразлагающая способность – как слабая в обоих случаях, ферментативная активность – как очень слабая и слабая у дерново-подзолистых песчаных почв, слабая и средняя – у среднесуглинистой разновидности дерново-подзолистой почвы.

***По влиянию свиного навоза на урожайность, качественный состав и показатели безопасности растительной продукции.*** Растительная продукция, получаемая при ежегодном внесении свиного навоза в дозе 200 т/га, по содержанию основных элементов питания, клетчатки и выходу кормовых единиц соответствует нормативам первого класса качества для кормов растительного происхождения. Содержание нитратов в зеленой массе рапунтика не превышает санитарно-гигиенических нормативов (0,5 ПДК). Однако зеленая масса рапунтика сафлоровидного не удовлетворяет показателям безопасности растениеводческой продукции, так как концентрация определяемых тяжелых металлов (Cd, Zn, Ni, Cr) превышает соответствующие нормативы предельно допустимой концентрации. Наиболее опасным загрязнителем является никель – его содержание в продукции составило 8 ПДК (3,93 мг/кг), а наибольший коэффициент биологического поглощения (3 %) соответствует цинку.

Сравнительное изучение форм свиного навоза, выделяемых на разных ступенях очистки навозосодержащих стоков, позволило констатировать, что внесение навозных илосодержащих стоков (100-300 т/га) и жидкого свиного навоза (200-600 т/га) под кукурузу агрономически оправдано, поскольку приводит к повышению урожая соответственно на 140-450 % и 120-490 %; применение твердого свиного навоза в дозах 50-150 т/га непосредственно перед посевом культуры приводит к значительному ее угнетению.

*По изучению вариантов стабилизации функционирования агроэкосистемы, подвергшейся массированному и длительному воздействию крупного свиного комплекса.* Экспериментальные исследования показали, что одним из возможных путей стабилизации функционирования экосистемы с нарушенным вследствие длительной утилизации больших объемов свиного навоза соотношением основных элементов питания при аномально высоком содержании подвижных фосфатов может быть использование азотных и калийных минеральных удобрений: продуктивность агрофитоценоза при минеральной системе удобрения составляет 81 % от таковой, полученной в случае использования жидкого свиного навоза в дозе 200 м<sup>3</sup>/га; по агрономической окупаемости единицы урожая эти две системы равноценны (~ 39 кг прибавки на 1 кг NPK); минеральная система способствует повышению коэффициента использования фосфатов (до 8,6 против 6,8 % в сумме по трем культурам).

*По экологическим издержкам предприятия промышленного свиноводства.* Анализ фактического материала экологических издержек ОАО «Ильиногорское» показал, что основную долю в структуре платежей занимает плата за пользование водными ресурсами – 85 % от общей суммы. Второй значимой статьей экологических издержек предприятия являются платежи за загрязнение окружающей среды, основная часть которых (84-85 %) представлена платой за сброс недостаточно очищенных сточных вод на рельеф местности.

Для снижения вышеназванной затратной части платежей предложена модернизация существующей схемы очистки стоков свиного комплекса, направленная на уменьшение уровня концентрации лимитирующих примесей, что позволит снизить не только экологические платежи, но и нагрузку на окружающую среду.



## ВЫВОДЫ

1. Функционирование крупного свиноводческого комплекса мощностью 216 тысяч голов оказывает значительное влияние на состояние всех природных сред региональной экосистемы, выражаемое в изменениях качественного состава воздушного бассейна, поверхностных и грунтовых вод, почвенно-биотического комплекса и растительной продукции сельскохозяйственного назначения.
2. Несмотря на то, что фактические объемы газообразных выбросов предприятия промышленного свиноводства не превышают ПДВ, а максимальные разовые концентрации основных загрязнителей на границе санитарно-защитной зоны чаще всего ниже ПДК, воздействие свинокомплекса на воздушный бассейн вызывает тревогу в части регулярного поступления в атмосферу токсичных соединений, в т.ч. обладающих высокой устойчивостью и, как следствие, способностью к аккумуляции в окружающей среде.
3. Использование для очистки навозосодержащих стоков свинокомплекса системы очистных сооружений, изначально предназначенных для работы с коммунально-бытовыми стоками, не позволяет добиться должного качества очистки в сбрасываемых на рельеф водах по ряду лимитируемых показателей (концентрации аммония, фосфорсодержащих соединений, легко- и трудноокисляемых органических соединений, определяемых по величине БПК и ХПК), что приводит к существенному ухудшению качества поверхностных вод по содержанию нитратов, полифосфатов и окисляемости.

4. Утилизация больших объемов навозообразующих производственных стоков, ежесуточное образование которых превышает  $1000 \text{ м}^3$ , на прилегающей к комплексу территории приводит к изменению состояния сопредельной с почвой водной среды, что негативно сказывается на гидрологической составляющей экосистемы. При этом загрязнению основными биогенными элементами подвергаются не только грунтовые, но и напорные воды, что способствует их дальнейшему возможному поступлению в воды хозяйственно-бытового назначения.
5. Длительное применение органических отходов очистки сточных вод свиного комплекса на ограниченной территории, выражаемое насыщенностью в  $200 \text{ м}^3$  жидкого свиного навоза на 1 га, способствует существенной трансформации агрохимических свойств пахотных почв: снижению кислотности, повышению содержания доступных растениям основных элементов питания и соединений микроэлементов, некоторому повышению содержания гумуса. Наибольшее воздействие свиной навоз оказывает на содержание подвижных соединений фосфора, которое достигает аномально высоких значений (свыше  $1000 \text{ мг/кг}$  почвы), что резко нарушает соотношение элементов питания в почве, осложняя процесс питания растений, и повышает вероятность миграционных потоков фосфора, в том числе в водные объекты территории.
6. Влияние предприятия промышленного свиноводства на экологическое состояние почв по содержанию тяжелых металлов следует охарактеризовать как близкое к критическому: отмечается тенденция увеличения валового содержания ТМ. На фоне этого значительно увеличивается доля их подвижных соединений, что повышает опасность биоаккумуляции токсикантов в растительной продукции. Основным загрязнителем при длительной утилизации свиного навоза является цинк, коэф-

фициент техногенной концентрации которого достигает значений, позволяющих отнести территорию с такой степенью загрязнения к опасной.

7. Применение высоких доз свиного навоза влияет на показатели биологической активности почвы, в большинстве случаев увеличивая их значение. Однако непосредственно после внесения данного вида удобрения в течение некоторого времени может наблюдаться подавление деятельности микроорганизмов и проявление токсичности почвы.
8. В ходе технологического процесса очищения технологических стоков предприятия промышленного свиноводства образуется 3 вида органических отходов (твердый свиной навоз, жидкий свиной навоз и илообразующие стоки), предельная доза утилизации которых в качестве органических удобрений должна устанавливаться с учетом возможных негативных изменений в почвенно-биотическом комплексе и сопредельных средах, а также с учетом их влияния на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Вводимые ограничения должны обеспечить получение устойчивых урожаев экологически безопасной продукции на фоне нормального функционирования агроэкосистемы.
9. Одним из возможных путей стабилизации функционирования агроэкосистемы с нарушенным вследствие систематического применения свиного навоза соотношением основных элементов питания при гипервысоком содержании подвижных фосфатов (более 1000 мг/кг) может быть переход на минеральную азотно-калийную систему удобрения, которая по продуктивности практически не уступает традиционно распространенной на территории подобных хозяйств органической системе удобрения и позволяет со временем устранить резкую диспропор-

цию между элементами питания за счет ежегодного отрицательного баланса по фосфору.

10. Основную долю экологических издержек предприятия промышленного свиноводства составляют, как правило, платежи, связанные с использованием водными ресурсами: текущие затраты на охрану и рациональное использование водных ресурсов, плата за пользование недрами (забор подземных вод) и плата за сброс стоков в природные водные объекты.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для снижения нагрузки на окружающую среду в зоне влияния предприятия промышленного свиноводства и снижения концентрации лимитирующих загрязнений в сбрасываемых на рельеф водах предусмотреть в системе очистки навозных стоков крупных свинокомплексов установку дополнительных отстойников и емкостей для усреднения входных концентраций примесей, поступающих на биологическую очистку. На заключительных стадиях очистки действующих очистных сооружений предусмотреть химическую обработку стоков для осаждения фосфора. Целесообразность введения химической очистки стоков от фосфатов должна определяться с учетом затрат на удаление данного вида загрязнений.
2. С целью соблюдения требований охраны окружающей среды и обеспечения разумной утилизации органических отходов промышленного свиноводства рекомендовать расширение площадей для использования свиного навоза в сельскохозяйственном производстве. Это позволит снизить удельную насыщенность стоками и довести дозы внесения основных эле-

ментов питания (прежде всего, азота) до экологически безопасных (не более 300 кг N на 1 га). Однако для предупреждения фитотоксичности почвы ежегодное внесение жидкого свиного навоза не должно превышать 200 т/га и может осуществляться не ранее, чем за 1 месяц до посева культур.

3. В целях сохранения продуктивности агрофитоценоза и детоксикации почв, испытывающих в течение длительного времени стрессовую химическую нагрузку и, как результат этого, имеющих дисбаланс в количественном содержании основных элементов питания с гипертрофированным относительно других элементов содержанием фосфора, возможна замена внесения жидкого свиного навоза на азотные и калийные минеральные удобрения: агрономически они равноценны. На дерново-подзолистых почвах, имеющих обеспеченность фосфатами, извлекаемыми 0,2n HCl, на уровне 1 000-3 000 мг/кг при содержании гумуса 1,5-2,5 % и содержании обменного калия в пределах 80 -300 мг/кг, доза удобрений должна составлять 100 кг азота и 200 кг калия на 1 га.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин Н.С., Аренс И.П., Степанова А.Н. Влияние удобрений на свойства дерново-подзолистой почвы // Почвоведение, 1960.- № 9. – С. 25.
2. Авраменко П.М., Лукин С.В. Загрязнение почвы тяжелыми металлами и их накопление в растениях. // Агрохимический вестник, 1999. - № 2. – С. 31-32.
3. Агрохимические методы исследования почв. - М.: Наука, 1975.- С.106-196.
4. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО // Под ред. акад. РАСХН А.П. Щербакова и канд. биол. наук И.И. Васенева. -Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1996. – 326 с.
5. Акулов П.Г., Богомазов Н.П., Нетребенко Н.Н. Тяжелые металлы на выщелоченных черноземах Белгородской области // Химия в с.х.. - 1995. - № 5. - С. 27-28.
6. Алексеев А.А. Подвижность цинка и кадмия в почвах /Автореф. дис. ... канд. биол. н. - М.:МГУ, 1979. - 24 с.
7. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 142 с.
8. Алметов Н.С. Влияние минеральных и органических удобрений на изменение содержания тяжелых металлов в почвах разного гранулометрического состава в условиях республики Марий-Эл // Агрохимия. - 1996. - № 10. - С. 122-124.
9. Андреев В.А., Новиков Н.М. Использование навоза свиней на удобрение – М.: Росагропромиздат, 1990, – 51 с.
10. Андреев Н.Г., Мерзлая Г.Е. Оптимизация укосного использования злакового травостоя при орошении стоками свиноводческого комплекса //

- Агротехнические основы устойчивости кормовой базы. - М.,1983.- С.164.
- 11.Андреев Н.Г., Мерзлая Г.Е., Савенюк Л.Д. Продуктивность многолетних трав при орошении стоками свиноводческих комплексов // Кормопроизводство. - 1985. - № 2. - С. 6-8.
  - 12.Антипина П.А. Фракционный состав минеральных фосфатов в черноземах Сибири // Агрохимия. - 1978. - №1. - С. 32-35.
  - 13.Аргунова В.А. Исследование форм и миграции фосфора в подзолистых почвах: Автореф. дис. .... канд. с.-х. н./ ТСХА. - М., 1974. - 18 с.
  - 14.Аристовская Т.В. Микробиология подзолистых почв.— М.; Л.: Наука, 1965.— 187 с.
  - 15.Аристовская Т.В., Зыкина Л.В., Чугунова Н.В. Роль микроорганизмов в мобилизации и закреплении тяжелых металлов в связи с проблемой охраны почв//Бюлл. Почв. ин. им. В.В. Докучаева.-1986.-Вып. 38.- С.13-16.
  - 16.Артюшин А.М., Андрюхин Т.Л., Васильев В.А., Мамченков И.П. Временные рекомендации по использованию для удобрения бесподстилочного навоза, получаемого на крупных животноводческих фермах промышленного типа. - М.: Колос, 1973. - 32 с.
  - 17.Асмус Ф. Эффективное использование жидкого навоза в растениеводстве // Вестник с.-х. науки, 1990. - № 8. — С. 15 – 18.
  - 18.Асмус Ф. Херман Ф. Использование жидкого навоза в растениеводстве // Обзор / Берлин: Академия с.-х. наук ГДР, 1976. — 134 с.
  - 19.Асонов А.М. Современная стратегия защиты водоемисточников от загрязнения жидкими отходами животноводства // Мелиор. и вод. х-во (Москва), 1999. — № 6. — С. 50-52.
  - 20.Афанасьева Т.В., Василенко В.И., Терешина Т.В., Шеремет Б.В. Почвы СССР. - М.:Мысль, 1979. - 380 с.

- 21.Бабарина Э.А. Влияние систематического применения навоза и минеральных удобрений на распределение форм фосфорных соединений по профилю различных почв // Агрохимия. - 1974. - № 6. - С. 21-26.
- 22.Бабарина Э.А., Мельникова Н.М. Фосфатный режим дерново-подзолистых почв в длительных опытах // Агрохимия. - 1987.- № 11. - С.38-44.
- 23.Бабкин В.В., Завалин А.А. Физиолого-биохимические аспекты действия тяжелых металлов на растения // Химия в с.х. - 1995. - № 5. - С. 17-21.
- 24.Балахонов С.И. Применение жидкого навоза на дерново-подзолистых суглинистых почвах БССР // Агрохимия. - 1968. - № 12. - С. 55-59.
- 25.Балахонов С.И. Агротехническое обоснование технологии приготовления, накопления и применения жидкого навоза // Плодородие почв и пути его повышения в условиях Белоруссии. - Минск, 1971. - С. 83-93.
- 26.Балахонов С.И., Табулина В.П., Дроздова Т.В. Влияние различных видов навоза на баланс азота, фосфора и калия в звене севооборота в дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах БССР // Бюлл. ВНИИ удобр. и агропочвовед. - 1976. - № 32. - С. 46-53.
- 27.Банкина Т.А., Горшков А.В., Колупаев В.А. Потери различных форм азота и углерода при поливах выработанных торфяников осветленными стоками свиноводческого комплекса // Совершенствование мелиоративных систем в Нечерноземной зоне РСФСР. - Л., 1984. - С. 110-114.
- 28.Баранников В.Д. Охрана окружающей среды в зоне промышленного животноводства. - М.: Россельхозиздат, 1985 – 234 с.
- 29.Бацанов И.Н., Лукьяненко И.И. Уборка и утилизация навоза на свиноводческих комплексах. - М.: Россельхозиздат, 1977. - 160 с.
- 30.Бачило Н.Г. Использование отходов свиноводческих комплексов в качестве удобрений сельскохозяйственных культур //Резервы повышения



- плодородия почв и эффективности удобрений. - Горки, 1996.- С. 157-159.
- 31.Бачило Н.Г., Карягина Л.А., Михайловская Н.А. Влияние жидкого помета птиц на урожай яровой пшеницы и биологическую активность дерново-подзолистой почвы // Почвенные исследования и применение удобрений. - 1985. - Вып. 16. - С. 51-57.
- 32.Бачило Н.Г., Нестеренко В.Н. Сравнительная эффективность действия жидкого помета кур и торфо-пометного компоста на урожайность ячменя // Земледелие и растениеводство в БССР, 1991. - Вып. 34. - С. 63-67.
- 33.Башмаков Д.И., Лукаткин А.С. Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания.// Агрохимия, 2002. – № 9. – С. 66-71.
- 34.Белкин В.В. Продуктивность орошаемых культурных пастбищ при внесении жидкой фракции бесподстилочного навоза // Агротехнические основы устойчивости кормовой базы. - М.,1983. - С. 29-32.
- 35.Белонос Н.И., Калмансон С.Я. Определение питательности кормов в хозяйствах. – М.: Колос, 1968. – 64 с.
- 36.Белоус Н.М. Эффективность и экологически безопасное применение органических удобрений. // Химия в сельском хозяйстве, 1996. – № 3. – С. 10-11.
- 37.Береснев Б.Г. Экологически безопасное применение бесподстилочного навоза // Экологически безопасное использование сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр./ Алтайское ХРП НПО "Прогресс" – Барнаул, 1995. – С. 85-90.
- 38.Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения / Предисловие и перевод с нем. Семенова П.Я. – М.: Колос, 1978. – 271 с.

- 39.Бингам Ф.Т., Перья Ф.Д., Джерелл У.М. Токсичность металлов в сельскохозяйственных культурах // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. - М.: Мир, 1993. - С. 101-130.
- 40.Бокова М.И., Ратников А.Н. Биологические особенности растений и почвенные условия, определяющие переход тяжелых металлов в растения на техногенно загрязненной территории // Химия в с. х. - 1995. - № 5. - С. 15-17.
- 41.Бондарева А.Ф. Сравнительное действие твердой фракции бесподстилочного свиного навоза и минеральных удобрений на агрохимические свойства карбонатного чернозема и продуктивность сельскохозяйственных культур: Автореф.дис.... канд. с.-х. н. / ТСХА. - М.,1983. - 21 с.
- 42.Бочевер Ф.М., Орадовская А.Е. Гидрогеологическое обоснование защиты подземных вод и водозаборов от загрязнений. – М.: Недра, 1969. – 128 с.
- 43.Бочевер Ф.М., Орадовская А.Е. Гидрогеологическое обоснование защиты подземных вод и водозаборов от загрязнений. – М.: Недра, 1972. – 128 с.
- 44.Бочкарев Г.Р., Минаков Н.Е, Ларионов И.Д. и др. Еще раз об очистке сточных вод свинокомплексов // Земля сибирская дальневосточная, 1984. – № 4. – С. 38-40.
- 45.Бреус И.П., Садриева Г.Р. Миграция тяжелых металлов с инфильтрационными водами в основных типах почв Среднего Поволжья. // Агрохимия, 1997. – № 6. – С. 56-64.
- 46.Бузмаков В.В. Биологическая утилизация навоза на свинокомплексах // Достижения науки и техники АПК, 2000. - №7. – С. 30-32.
- 47.Вавилов П.П., Балышев Л.Н. Кормовые культуры. – М.: Колос,1984.– 187 с.

- 48.Васильев В.А., Полунин С.Ф. Химический состав навоза, получаемый на крупных животноводческих комплексах промышленного типа // Бюлл. ВИУА. - 1976. - Вып. 32. - С. 15-21.
- 49.Васильев В.А., Швецов М.М. Применение бесподстилочного навоза на удобрение. – М.: Колос, 1983. – 174 с.
- 50.Вашкулат Н.П., Ганчарук Е.И., Костовецкий Я.И. Гигиена животноводческих комплексов и охрана окружающей среды. – Киев: Здоровье, 1985. – С. 1-88
- 51.Величко В.А., Прошкин В.А. Оптимальные уровни содержания подвижного фосфора и обменного калия в дерново-подзолистой и серой лесной почвах Центрального района Нечерноземной зоны России для основных полевых культур. // Агрохимия, 1999. – № 12. – С. 31-33.
- 52.Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. - М.: Изд-во АН СССР, 1957 - 137 с.
- 53.Водяницкий Ю.Н., Большаков В.А. Выявление техногенности химических элементов в почвах // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тез. и докл. Всерос. конф. – М., 1998. – Т. 2. – С. 116-119.
- 54.Возняковская Ю.М. Взаимоотношения растений с микроорганизмами ризосферы и филосферы // Агрономическая микробиология.– Л.: Колос, 1976.– С.144–190.
- 55.Волошин Е.И. Никель в почвах и растениях Центральной Сибири // Агрохимический вестник, 2001. – № 5. – С. 14-16.
- 56.Волошин Е.И. Цинк в пахотных почвах Красноярского края // Агрохимия, 2002. – № 5. – С. 33-40.
- 57.Ворошилов Ю.И. Утилизация навоза животноводческих комплексов – М.: Госагропром СССР, 1986. – 60 с.

- 58.Ворошилов Ю.И., Дурдыбаев С.Д., Ербанова Л.Н. и др. Животноводческие комплексы и охрана окружающей среды. – М.: Агропромиздат, 1991. – 107с.
- 59.Ворошилов Ю.И., Мальцман Т.С. Использование сточных вод животноводческих комплексов на сельскохозяйственных полях орошения. – В сб.: Изменения природной среды в процессе сельскохозяйственного производства. – М., 1981. – С. 74-75.
- 60.Временные рекомендации по использованию для удобрений бесподстилочного навоза, получаемого на крупных животноводческих фермах промышленного типа – М.: Колос, 1973. – 32 с.
- 61.Гавич И.К. Методы охраны подземных вод от загрязнения и истощения – М.: Недра, 1985. – 98 с.
- 62.Галстян А.Ш. К оценке биологической активности почв // Сб.науч.тр.– Минск, 1977.– С.201–202.
- 63.Гамалей В.И., Кулинченко Ю.А., Сыроватко О.С. Об изменении плодородия дерново-подзолистых почв при систематическом удобрении в севооборотах стоками из крупных свинокомплексов // Земледелие: Сб. науч. тр. – Киев, 1988. – вып. 63. – С. 45 – 49.
- 64.Гармаш Г.А. Влияние тяжелых металлов, внесенных в почву со стоком, на урожайность и качество продукции // Агрохимия. - 1987. - № 7. - С. 69.
- 65.Гатилова А.В., Кровец Ю.В. Особенности платного природопользования в РФ: Доклад по материала 1-й Регион. научно-практ. конф. молодежи «Проблемы региональной экологии», - Томск, 10–12 ноября, 1998 // Проблемы региональной экологии, 2000, - № 6, - с. 34–40.
- 66.Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
- 67.Генцлер Г.Л. Очистка сточных вод свиноводческих комплексов // Земля сибирская дальневосточная, 1980. – № 11. – С. 52-53.

68. Генцлер Г.Л. Интенсификация очистки сточных вод // Земля сибирская дальневосточная, 1981. – № 7. – С. 48-49.
69. Генцлер Г.Л. Передовые технологии и оборудование для очистки производственных сточных вод – Новосибирск: 1999. – 28 с.
70. Гермат Г.А. Влияние тяжелых металлов, внесенных в почву со стоком, на урожайность и качество продукции // Агрохимия, 1987. – № 7. – С.69-72.
71. Гладкова Л.И. Использование новых видов растений в кормопроизводстве – М.: ВНИИТИагропром, 1989. – 256 с.
72. Глазовская М.А. Принципы классификации почв по их устойчивости к химическому загрязнению // Земельные ресурсы мира, их использование и охрана. – М., 1978. – С. 85-98
73. Гололобов А.Д. Биогеохимические провинции, обогащенные никелем и медью / Труды Биогеохимической лаборатории. - М.:Изд-во АН СССР, 1960. - т. XI. - С. 178-188.
74. Гольдберг В.М. Гидрогеологические прогнозы качества подземных вод на водозаборах – М.: Недра, 1976. – 152 с.
75. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. - Л.: 1987, - 248 с.
76. Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения - М.: 1984, - 262 с.
77. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П., Лукьянчикова Л.Г. Подземное захоронение промышленных сточных вод - М.: 1994, - 282 с.
78. Горбатов В.С. Трансформация соединений и состояние цинка, свинца и кадмия в почвах / Автореф. дис. ... канд. биол. н. - М.:МГУ, 1983. - 24 с.
79. Горбатов В.С., Зырин Н.Г. Адсорбция Zn, Pb, Cd почвой и кислотно-основное равновесие // Вестник МГУ. - 1988. - Серия 17. - № 3. - С.10-16.

80. Горелик О.Д., Конопелько Л.А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. Аэроаналитические измерения. - М.: Изд-во стандартов, 1992, – 432 с.
81. Горшков А.В. Влияние орошения животноводческими стоками на урожай многолетних трав, химический, бактериологический состав дренажных вод // Экспресс-информация ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М., 1982. – сер. 4. – Вып. 2. – 15 с.
82. Гребенникова В.В. Агроэкологическая оценка состояния дерново-подзолистой почвы и качества растениеводческой продукции при длительном сельскохозяйственном использовании в зоне интенсивной антропогенной нагрузки / Автореф. дис...канд. биол. н.- М.:МСХА,1997.- 17 с.
83. Григоров М.С. Гидроэкосистемы и охрана водных ресурсов // Антропогенная деградация ландшафтов и экологическая безопасность Москва-Волгоград, 2000. – С. 261-274.
84. Гриднев П.И. Научное обеспечение проблемы создания экологически безопасных технологий утилизации навоза // Механизации и электрификации сельского хозяйства, 1994. - №11. – С. 31-38.
85. Гриднев П.И., Мишуров Н.П. Технологии и технические средства для уборки и утилизации навоза в фермерских хозяйствах. – М.: Информагротех, 1996. – 44с.
86. Гришина А.В., Иванова В.Ф. Транслокация тяжелых металлов и приемы детоксикации почв. // Агрохимический вестник, 1997. – № 3. – С. 36-41.
87. Гудилин И.И., Баяндина Г.В. Мука из личинок комнатной мухи - заменитель кормов животного происхождения при откорме молодняка свиней // Биологическая утилизация свиного навоза на кормовые добавки и удобрения. – Новосибирск, 1985. – С. 3-12.

- 88.Девисилов В.А., Котельников Ю.В., Куфтов А.Ф. Переработка отходов птицеводства, животноводства и осадков городских сточных вод // Докл. 3-й Всерос. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 1998. – Т. 2. – С. 589-591.
- 89.Демидова Л.Л., Романенко Н.А., Сапач В.К. Санитарно-гельминтологическая оценка способов орошения сточными водами // Экологически безопасное использование сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сб. науч.тр. / Алтайское ХРП НПО "Прогресс". – Барнаул, 1995. – С.151 – 156.
- 90.Демин В.А., Иванов В.А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте – М.: ТСХА, 1982. – 91 с.
- 91.Державин Л.М., Фрид А.С., Янишевский Ф.В. О мониторинге плодородия земель сельскохозяйственного назначения // Агрохимия, 1999. – № 12. – С. 19-30.
- 92.Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении – М: изд-во МГУ, 1972. – 194 с.
- 93.Дмитриева В.И., Лапшина Н.А. Использование на орошение жидкой фракции бесподстилочного навоза животноводческого комплекса «Вороново» // Сб. науч. тр. - М.: ВНИИ ГиМ, 1975. - Вып. 2. - С.16-22.
- 94.Добровольский В.В. Химия земли. - М.:Просвещение, 1988. - 176 с.
- 95.Добровольский Г.В. Структурно-функциональная роль почвы в устойчивости наземных экосистем // Экология и почвы. Избранные лекции I – VII Всероссийских школ. Пущино: ОНТИ ГНЦ РАН, 1998, - С. 9-15.
- 96.Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв. - М.: Изд-во МГУ, 1985. - 224 с.
- 97.Добровольский Г.В. Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: Функционально-экологический подход. // МАИК «Наука» «Интерпериодика». – М: Наука, 2000. – 185 с.

98. Добровольский Г.В., Шишлов Л.Л., Щербаков А.П. Состояние прогноз и повышение плодородия черноземов // Вестник сельскохозяйственной науки, 1992, - № 5, - С. 24-27.
99. Долгов В.С. Гигиена уборки и утилизации навоза. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 175с.
100. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований – М.: Агропромиздат, 1985. – 365 с.
101. Егоренков Л.И. Природоохранные основы землеустройства – М.: Наука, 1985. – 246 с.
102. Ежегодный доклад о состоянии земель Нижегородской области на 01.01.97 г. - Н. Новгород: ГЦАХС «Нижегородский», 1997. - 26 с.
103. Елпатьевский П.В., Аржанова В.С. Роль органических веществ в миграции тяжелых металлов в загрязненных почвах // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. - Самарканд, 1990. - С. 150-151.
104. Елькина Г.Я., Табаленкова Г.Н., Куренкова С.В. Влияние ТМ на урожайность и физиолого-биохимические показатели овса // Агрохимия, 2001. – № 8. – С. 73-78.
105. Ельников И.И., Кочетов А.Н. Агроэкологическая оценка действия фосфорных удобрений по содержанию и соотношению элементов в листьях кукурузы // Агрохимия. - 1992. - № 12. С. 16-26.
106. Ермолаев С.А., Сычев В.Г., Кузнецов А.В. Плодородие пахотных почв Российской Федерации по состоянию на 01.01.2001 г. // Плодородие, 2002. – № 3(6). – С. 10-11.
107. Ермохин Ю.И. Диагностика питания растений. - Омск, 1995. - 207 с.
108. Ермохин Ю.И. Изучение элементного состава растений как приоритетное направление в агрохимии // Эколого-агрохимические, техноло-



- гические аспекты развития земледелия Среднего Поволжья и Урала. - Казань, 1995. - С. 39-40.
109. Ерофеева Т.В., Геодакян Р.О., Одинец А.А. Органические отходы – сырье для получения экологически чистых веществ для народного хозяйства // Экол. Системы и приборы, 2000. – № 8. – С. 36-38.
110. Еськов А.И., Новиков М.Н. Проблемы производства и использования органических удобрений. // Агрохимический вестник, 1998. – № 4. – С. 29-32.
111. Ефимов В.Н., Иванов А.И. Скрытая деградация хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв России // Агрохимия, 2001. – №6. – С.5-10.
112. Ефремов Е.Н., Носиков В.В. Контроль за содержанием тяжелых металлов в удобрениях и химических мелиорантах почвы // Влияние химизации земледелия на содержание тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. - М., 1988. - С. 91-99.
113. Зальцберг Э. Загрязнение грунтовых вод органическими веществами в районах свалок провинции Онтарио // Водные ресурсы, 1992, № 2, – С. 45-47.
114. Замана Л.В., Гладкая Н.М. Геохимические особенности природных вод Уровского биогеохимического района // Геохимия. - 1993. - № 2. - С. 269-280.
115. Заманова М.Н. Состав, свойства и эффективность биоперегнойно-минеральных удобрений // Биологическая утилизация свиного навоза на кормовые добавки и удобрения. – Новосибирск, 1985. – С. 81-88.
116. Захаров В.Н. Действие и последствие разных доз бесподстилочного навоза на урожай сельскохозяйственных культур // Бюлл. ВИУА. - 1981. - № 57. - С. 15-21.

117. Звягинцев Д.Г. Анабиоз у микроорганизмов как регулятор скорости микробиологических процессов в почве // Тез.докл. / Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН.– М., 2000.– Кн.2.– С.19–20.
118. Золотарева Б.Н., Скрипниченко И.И., Гемтюк Н.И., Сигаева Е.В., Пиунова В.В. Содержание и распределение тяжелых металлов (свинца, кадмия и ртути) в почвах Европейской территории СССР// Генезис, плодородие и мелиорация почв. - Пушкино,1980. - С. 77-90.
119. Зырин Н.Г. Особенности динамики Mn, Co, Cu и Mo в системе почва-растение // Агрохимия. - 1965. - № 2. - С. 87- 92.
120. Иванов А.Ф., Чурзин В.Н., Филин В.И. Кормопроизводство – М.: Колос, 1996. – 458 с.
121. Ивойлов А.В. Анализ данных агрономических исследований методами непараметрической статистики. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2000. – 68 с.
122. Изерская Л.А., Цыцарева Л.К. Влияние длительного орошения стоками животноводческих комплексов на агроэкологическое состояние серых лесных почв // Тезисы докладов II съезда общества почвоведов. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1996. – С. 349-350.
123. Изменение свойств почвы в зависимости от применения высоких норм бесподстилочного навоза // Информационный листок / Владимирский межотраслевой территориальный центр научно-технической информации и пропаганды, 1988. – 4 с.
124. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. - М., Гидрометеиздат, 1984. - 500 с.
125. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение – Новосибирск: Наука, 1991. – 148 с.
126. Ильина Т.К., Негру-Воде В.В., Василенко Е.С., Ходакова Р.Н. Влияние удобрений на активность микробиологических и ферментативных

- процессов превращения азота в дерново-подзолистой почве // Тез. докл. – Минск, 1977. – С. 238-239
127. Ионас В.А., Мажугин А.В., Соловьева Т.А. Действие осветленных стоков свиного комплекса на урожайность и качества сена многолетних трав // Резервы повышения плодородия почвы и эффективности удобрений: Сб. науч. тр. – Горки, 1993. – С.72 – 79.
128. Калюжный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н. Анаэробная биологическая очистка сточных вод. / Итоги науки и техники. Сер. биотехнология. – М.: ВИНТИ, 1991. – т 29. – 187 с.
129. Ковалев Н.Г., Глазков И.К. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах. – М.: Агропромиздат, 1989. – 160 с.
130. Ковалев Н.Г., Глазков И.К., Еселевич М.М. Системы удаления, переработки и применения навоза в качестве органических удобрений. – М.: Мир, 1977. – 258 с.
131. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду - М.: 1994, - 138 с.
132. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова – М.: Наука, 1985. – 263 с.
133. Козлова Ю.Е. Устойчивость микробной системы дерново-подзолистой почвы // Тез.докл. / Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН.– М., 2000.– Кн.2. – С.28–29.
134. Колосов И.И. Поглодительная деятельность корневых систем растений. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 254 с.
135. Колтыпин Ю.А., Елин Е.Н. Экономическая оценка и экологическое обоснование некоторых технологий утилизации отходов животноводства // Факторы интенсификации сельского хозяйства и их влияние на компоненты водных и надземных экосистем. – М., 1983. – С.65-75.
136. Кольцов А.С. Сельскохозяйственная экология – Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995. – 275 с.

137. Концепция развития кормопроизводства в хозяйствах Нижегородской области на 1995-2000 гг. - Н. Новгород, 1995. - 24 с.
138. Концепция управления земельными ресурсами в Нижегородской области. – Н. Новгород, 1998. – 68 с.
139. Копейкина О.А., Корнеев Ю.И. Гидроэкологический мониторинг // Агрохимический вестник, 1999. – № 3. – С. 36-37.
140. Коплан-Дикс И.С., Назаров Г.В., Кузнецов В.К. Роль минеральных удобрений в эвтрофировании вод суши. - Л.: Наука, 1985, - 160 с.
141. Коркач Н.А., Коваленко А.И., Купчик В.И. Влияние орошения навозными стоками свиного комплекса на плодородие почвы // Гидротехника и мелиорация, 1986. – № 7. – С. 56-58.
142. Короткова В.И. Влияние длительного применения сточных вод и минеральных удобрений на урожай и ботанический состав лугопастбищных травостоев // Агротехнические основы устойчивой кормовой базы. - М.: ТСХА, 1983. - С. 26-28.
143. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод водохозяйственно-питьевого назначения. - М.: 1987, - 237 с.
144. Крупкин П.И. Учет количества подвижных фосфатов в почвах – необходимое условие их объективной бонитировки // Агрохимический вестник, 1998.- № 2. – С. 21-23.
145. Крупные животноводческие комплексы и окружающая среда. – М.: Медицина, 1980. – С. 1-90.
146. Кудеярова А.Ю. Педогеохимия орто- и полифосфатов в условиях применения удобрений. - М.: Наука, 1993. - 240 с.
147. Кудеярова А.Ю. Фосфатогенная трансформация почв. - М.: Наука, 1995. - 288 с.
148. Кузина К.И., Мочалова А.Д., Покровская С.Ф. Влияние минеральных удобрений на качество продукции и окружающую среду – М., 1985 – 90 с.

149. Кузнецов А.В., Ратников А.Н., Белова Н.В. и др. Влияние тяжелых металлов на продуктивность сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах // Влияние химизации земледелия на содержание тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. - М., 1988.
150. Кузнецов Н.П., Никушина Т.К., Мажайский Ю.А., Пчелинцева С.А. Тяжелые металлы в почвах Рязанской области // Химия в с.х. - 1995. - № 5. - С. 22-25.
151. Кутепов Л.Е. Кумуляция вредных веществ в растениях при орошении сточными водами // Экологически безопасное использование сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр. / Алтайское ХРП НПО "Прогресс" - Барнаул, 1995. – С.234 – 239.
152. Лебедева Л.А., Амельянчик О.А., Лебедев С.Н. и др. Биологические свойства дерново-подзолистой почвы, загрязненной тяжелыми металлами // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. - М.: МГУ, 1994. - С. 202-211.
153. Лисовая А.П., Олейник Е.М., Крищенко В.П. Влияние удобрений на азотный обмен, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на лугово-черноземных карбонатных почвах Северной Лесостепи СССР // Агрохимия. - 1984. - № 6. - С. 39-46.
154. Лукьяненко И.И. Приготовление и использование органических удобрений. - М.: Россельхозиздат, 1982. - 208 с.
155. Лыков А.М., Осин А.А. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии. – М.: Колос, 1981. – 431 с.
156. Лыков А.М., Сафонов А.Ф., Осин А.А. Плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур в пропашном звене севооборота при внесении жидкого навоза и минеральных удобрений // Изв. ТСХА. - 1982. - Вып. 3. - С. 27-35.

157. Лысенко В.П. Переработка отходов птицеводства - Сергиев посад, 1998, – 265 с.
158. Мальцев А.К. Сточные воды очищает гиацинт // Наука в России, 2000. – № 4. – С. 80-81.
159. Марчук Г.И., Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной экологии // Рос. акад. наук.: Комис. по пробл. экологии. - М.: Наука, 1992,–261 с.
160. Медведев П.Ф., Сметанникова А.И. Кормовые растения Европейской части СССР. - Л.: Колос, 1981. - 335 с.
161. Мерзлая Г.Е. Агроэкологическая эффективность традиционных и новых видов органических удобрений // Химия в с.х. - 1996. - № 6. - С. 2-5.
162. Методы охраны подземных вод от загрязнений и истощения // Под ред. И.К. Гавич, - М., 1985, – 320 с.
163. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами. - М.: Наука, 1967. - 183 с.
164. Методика по определению валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций. – М, 1984.
165. Методическое пособие по оценке качества и питательности кормов – Ростов-на-Дону: Донской НИИСХ, 1996. – 27 с.
166. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод // Отв. Ред. В.М. Гольдберг - М., 1990, - 76 с.
167. Методические рекомендации по обеззараживанию и использованию для удобрения навозных стоков крупных свинокомплексов и продуктов их биологической очистки – Харьков, 1984. – 11 с.
168. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. – М.: ЦИНАО, 2002. – 76 с.
169. Методические указания по применению бесподстилочного навоза под сельскохозяйственные культуры в условиях животноводческих

- комплексов Нечерноземной зоны (для слушателей ФПК) – М., 1982. – 29 с.
170. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий – М.: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1994. – 98 с.
171. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в производительностью до 30 т/час. – М.: Гидрометиониздат, 1984.
172. Миграция кадмия, цинка, свинца и стронция из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистых почв. Шильников И.А., Овчаренко М.М., Никифорова М.В. и др. // Агрохимический вестник, 1998. – № 5-6. – С. 43-44.
173. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
174. Минеев В.Г. Проблема тяжелых металлов в современном земледелии // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. - М.: МГУ, 1994. - С. 5-12.
175. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Скворцова И.Н., Диксон Дж. влияние органических и минеральных удобрений в период их последствий на агрохимические и микробиологические свойства дерново-подзолистой почвы // Агрохимия, 1998. - №12.- С.5-9
176. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Скворцова И.Н., Виноградова К.А., Лему Е.Т. Агрохимические, микробиологические и фитотоксические свойства дерново-подзолистой почвы в период последствий удобрений // Агрохимия, 1999. - № 7. – С. 19-23.
177. Минеев В.Г., Дебрецени Б.А., Мазур Т.В. Биологическое земледелие и минеральные удобрения – М.: Колос, 1993. – 415 с.

178. Миненко А.К. Изменение биологической активности окультуренной дерново-слабоподзолистой почвы при воздействии агротехнических факторов // Тез. докл. – Минск, 1977.-С.203 – 205.
179. Миненко А.К. Действие высоких доз минеральных удобрений на биологическую активность дерново-подзолистых почв // Агрохимия, 1981. - №3. – С.77-82.
180. Михайлина В.И. Опыт утилизации и использования птичьего помета на удобрение в СССР // Сельскохозяйственная наука и производство. Сер. 1. - 1986. - № 5. - С. 24-33.
181. Михеев В.А., Козлов В.В., Яровой А.Г. и др. Допустимые концентрации азота в жидком навозе и навозных стоках свинокомплексов, используемых для орошения // Сельскохозяйственное использование сточных вод и навозных стоков: Сб. науч. тр. – М.; 1986. – С.55 – 62.
182. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия.– М.: Наука, 1972.– 343 с.
183. Мишустин Е.Н., Теплякова З.Ф. Сезонная динамика микробиологических процессов и ее агрономическое значение // Изв. АН КазССР. Сер.бот и почвовед., 1959.– Вып.3.– № 6.– С.15–26.
184. Морозов Н.В., Тепитченко М.М. Загрязнение водоемов стоками животноводческих комплексов и биометоды их обеззараживания. – В сб.: Самоочищение воды и миграция загрязнений по трофической цепи. – М.: Наука, 1984. – С. 22-29.
185. Муравин Э.А., Черников В.А., Рыбаков А.В., и др. Изотопный состав азота дерново-подзолистой почвы после длительного применения удобрений. // Агрохимия, 2002. – №6. – С.34-43.
186. Нарциссов В.П. Из истории земледелия Горьковского и Чувашского Поволжья. - Горький, 1960. - 75 с.
187. Нетрадиционные корма и добавки – Л.: Северо-Запад. НИИ сел. хоз-ва, 1984. – 116 с.



188. Николаенко Ж.И., Калмыкова Н.А., Глущенко И.В. Микробные сообщества и их биохимическая активность в почве в зависимости от условий возделывания сахарной свеклы // Микробные сообщества и их функционирование в почве: Сб. научн. тр. – Киев: Наук. Думка, 1981. – С. 60-64.
189. Новиков В.М., Дмитриева В.И., Полянина В.А. Способы предотвращения загрязнения водоемов сточными водами животноводческих комплексов // Сб. науч. тр. - М.:ВНИИГиМ, 1975. - Вып. 2.- С. 6-13.
190. Новиков М.Н., Хохлов В.И., Рябков В.В. Птичий помет - ценное органическое удобрение. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 80 с.
191. Обухов А.И. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами и мероприятия по их устранению // Поведение поллютантов в почвах и ландшафтах. - Пушино, 1990. - С. 52-59.
192. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва-растение // Химия в с.х. - 1995. - № 4. - С. 8-16.
193. ОНД – 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятия. – Л.: Гидрометиониздат, 1987г.
194. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91): Гигиенические нормативы. - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1995. - 8 с.
195. Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В. и др. Химическое загрязнение почв и их охрана. - М.: Агропромиздат, 1991. - 363 с.
196. Орлова Е.Е., Бакина Л.Г. экологические аспекты применения удобрений на основе биогумуса // Докл. Межд. экологич. конгресса. – С.Петербург, 2000. – Т. 2. – С. 189-190.

197. Осипов А.И., Алексеев Ю.В. Биологические приемы снижения загрязнений растений тяжелыми металлами // Химия в с.х. - 1996. - № 4.-С.4-5.
198. ОСТ 10 109-88. Удобрения органические жидкие (жидкий навоз крупного рогатого скота, свиней, птичий помет). Отраслевой стандарт. Общие технические условия. - Введ.01.01.89 до 01.01.94. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 7 с.
199. Очистка стоков с помощью культивирования кормовых дрожжей. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/572.html>, 2002.
200. Павлюхин И.М., Мажайский Ю.А., Дубенок Н.Н. Экологическая эффективность использования животноводческих стоков. // Химия в сельском хозяйстве, 1996. – № 6. – С. 26-27.
201. Паникар И.И., Гаркавая В.В., Севрюков Ю.И. Промышленное птицеводство и охрана окружающей среды - М.: Росагропромиздат, 1988, – 80 с.
202. Панкратов Ю.С., Гленцер Г.Л. Очистка стоков требует максимального учета естественных биологических процессов // Земля сибирская дальневосточная, 1989. – № 6. – С. 46-47.
203. Плотников Н.И. Подземные воды – наше богатство - М., 1990 - 206 с.
204. Плященко С.И. Проблемы животноводческих комплексов // Зоотехния, 1989. – № 7. – С. 56-59.
205. Позднякова А.И. Оценка защищенности напорных вод от загрязнения соединениями азота животноводческих стоков // Геоэкол. исслед. и охрана недр, 1999. – № 4. – С. 49-57.
206. Пономарева Л.В., Цветкова Н.П., Иванова Т.И. и др. Влияние продуктов деструкции активного ила // Химия в сельском хозяйстве, 1996. – № 4. – С. 19-20.

207. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. - М., 1993. - 30 с.
208. Посохов Е.В. Гидрохимия – Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1965. – 138 с.
209. Постников Б.А. Маралий корень и основы введения его в культуру – Новосибирск, 1985. – 276 с.
210. Постников А.В., Чумаченко И.Н., Кривопуст Н.Л. Влияние различных форм фосфорных удобрений на плодородие и накопление тяжелых металлов в почвах и растениях // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. - М., 1994. - С. 54-65.
211. Посыпанов Г.С., Тазина Н.Г. Оптимальное фосфорное питание козлятника восточного // Агрохим. вестник, 1997. – № 6. – С. 32-33.
212. Потатуева Ю.А., Касицкий Ю.И., Сидоренкова И.К. и др. Распределение подвижных форм ТМ, токсичных элементов и микроэлементов по профилю дерново-подзолистых тяжелосуглинистой почвы при длительном систематическом применении удобрений // Агрохимия, 2001. – №6. – С. 61-66.
213. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России // Под ред. В.Ф.Протасова. - М.: Финансы и статистика, 1995, - 528 с.
214. Пяева О.Д., Байдукин Ю.А. Очистка сточных вод свиноферм дисковыми биофильтрами. – В сб.: Комплексная механизация и автоматизация в свиноводстве. – М.: ВИЭСХ, 1982. – С. 131-136.
215. Рабаданов Г.Г., Соловьев Г.А., Пятин А.М., Пятина В.Н. Микроэлементы в травах лугов поймы реки Вятки // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. - М., 1994. - С. 82-96.
216. Рахно П.Х. Корреляция между численностью микроорганизмов и свойствами почвы // Вопросы численности, биомассы и продуктивно-

- сти почвенных микроорганизмов: Сб.науч.тр. – Л.: Наука, 1972.– С.79–87.
217. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания: в 4 кн. Кн. 2: Загрязнение воды и воздуха // Пер. с англ. Л.В. Самсоненко. – М.: Мир, 1995, – 296 с.
218. Рекомендации по высокоэффективному использованию навозных стоков и сточных вод птицефабрик для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий в условиях Волгоградской области. - М.: ВНИИ по с. х. использ. сточных вод, Волжский опорный пункт, 1991. - 40 с.
219. Рекомендации по эффективному сельскохозяйственному использованию навозных стоков свиного комплекса в совхозе "Лузинский" Омской области – М., 1988. – 33 с.
220. Руденко П.Ф., Ридный В.Ф., Присяжная Л.П. Соломенные фильтры в утилизации бесподстилочного навоза. – В сб.: Механизация технологических процессов в животноводстве / ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 1992. – С. 57-61.
221. Савенюк Л.М. Влияние стоков свиноводческого комплекса на продуктивность луговых трав при многоукосном использовании: Автореф. дис. ... канд. с.- х. наук. – М.: МСХА, 1985. – 15 с.
222. Сагандыков Н. М. Влияние стоков на урожайность и качество травостоев // Луговое кормопроизводство. - Горький, 1987. - С. 39-50.
223. Сагандыков Н.М. Влияние стоков на аминокислотный состав травостоев // Луговое кормопроизводство. - Горький, 1990. - С. 66-68.
224. Садовникова Л.К. Использование почвенных вытяжек при изучении соединений тяжелых металлов. // Химия в сельском хозяйстве, 1997. – № 2. – С. 37- 40.
225. Садовникова Л.К. Химические свойства почв и окружающая среда // Экология и почвы. Избранные лекции VIII-IX всероссийских школ / ПОЛТЕКС. – М., 1999. – С. 32-33.

226. СанПиН 2.1.5.980 – 00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» - М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000, - 24 с.
227. Сборник методических и нормативных документов по контролю качества окружающей среды. Часть 2. Сточные воды. – Н. Новгород, 1998. – 74 с.
228. Свинец в окружающей среде. - М.: Наука, 1987. - 181 с.
229. Семенов П.Я. Химические и физические свойства бесподстилочного навоза // Агрохимия. - 1974. - № 12. - С. 130-135.
230. Семенов П.Я. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения. - М.: Колос, 1978. - 271 с.
231. Семенов П.Я., Белова Н.В., Нестерович И.А. Действие возрастающих доз бесподстилочного навоза на урожай кормовых культур при ежегодном применении в интенсивном севообороте // Бюлл. ВИУА. - 1981. - № 58. - С. 66-69.
232. Серебренников А.М., Ошурков В.И., Сагандыков Н.М. Мелиорация торфяников с использованием стоков свиноводческого комплекса // Луговое кормопроизводство. - Горький, 1987. - С. 17.
233. Сизов А.П., Хомяков Д.М., Хомяков П.М. Проблемы борьбы с загрязнением почв и продукции растениеводства. - М.: МГУ, 1990.
234. Системы удаления, переработки и применения навоза в качестве органических удобрений /Обз. инф. – М.: ВНИИТЭИсельхоз ВАСХНИЛ, 1977. – 42 с.
235. Скляр В.И., Эпов А.Н., Калюжный С.В. Интегрированная механическая, биологическая и физико-химическая обработка жидких навозных стоков // <http://www.tnzyme.chem.msu.ru/ekbio/index.html>, 2002.
236. Скрыльник Е.В., Розумная Р.А., Головачев Е.А. Влияние отходов животноводства и птицеводства на физико-химическое состояние черноземных почв // Устойчивость почв к естественным и антропогенным

- воздействиям: Тез. докл. Всерос. конф. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2002. – С. 184 – 185.
237. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. – Владимир: ВНИПТИОУ, 2001. – 495 с.
238. Стандарт отрасли. Удобрения органические жидкие: Технические условия / ОСТ 10-118-96.
239. Табаленкова Г.Н., Куренкова С.В. Использование регуляторов роста при выращивании рапontiкума сафлоровидного. // Агрохимия, 2001. – № 3. – С. 35-41.
240. Таварткиладзе И., Тарасюк Г. Очистка сточных вод // Свиноводство, 1998. - №4. – С. 21-22.
241. Тагаева Т.О. Загрязнение водных ресурсов и атмосферного воздуха в регионах России: возможные пути решения проблем. // Регион: экономика и социология, 1998, - № 1, - с. 120-137. (Р.Ж. 72 Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов, 2000, - № 9).
242. Тарасов С.И., Кумеркина Н.А. Агроэкологические особенности длительного применения бесподстилочного навоза// Химия в с.х. - 1996. - № 6. - С. 27-31.
243. Тарасов С.И., Кумеркина Н.А., Никитина Н.А. Хранение жидкого навоза в накопителях анаэробного типа. // Агрохимический вестник, 1998. – №3. – С. 39-41.
244. Тен Хак–мун А., Федорова Л.В. Годовой цикл микробиологических процессов в местах произрастания крупнотравья на Сахалине // Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов: Сб.науч.тр. – Л.: Наука, 1972.– С.153–168.
245. Типовая методика по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу в отраслях промышленности ГГО им. А.И. Воейкова. – Л.: Изд-во ГГО, 1986.

246. Титова В.И. Оптимизация питания растений и эколого-агрохимическая оценка применения удобрений на почвах с высоким содержанием подвижных соединений фосфора: Дисс. ... докт. с.-х. н. / С-Пб.-Пушкин. – С-Пб., 1998. – 325 с.
247. Титова В.И., Варламова Л.Д. Агроэкологическая оценка земель и определение эффективности применения удобрений. - Н. Новгород: НГСХА, 1997. - 14 с.
248. Титова В.И., Варламова Л.Д. Эколого-агрохимические особенности дерново-подзолистых и светло-серых лесных почв с очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора // Агрохимия, 2002. – № 3. – С. 47-54.
249. Титова В.И., Варламова Л.Д., Фишман В.Я., Гуров А.Е. К вопросу о влиянии длительного применения жидких органических удобрений на запасы и подвижность тяжелых металлов в почве // Системы земледелия Нечерноземной зоны РФ и пути их совершенствования. - Н.Новгород, НГСХА, 1997. - С. 88-90.
250. Титова В.И., Шафронов О.Д. Влияние длительного применения жидких органических удобрений на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы // Тез. докл. II съезда Общества почвоведов, кн. 1. - С.-Пб.: РАН, 1996. - С. 411.
251. Титова В.И., Шафронов О.Д., Седов Л.К. Эколого-агрохимическая оценка длительного применения птичьего помета на легких дерново-подзолистых почвах // Плодородие почвы и качество продукции при биологизации земледелия. - М.: Колос, 1996. - С. 289-293.
252. Тихвинский С.Ф., Тючкалов Л.В. Перспективные кормовые культуры – Киров: Волго-Вятское кн. изд., 1989. – 356 с.
253. Третьяков Н.И., Гусев Г.С., Осипова Е.Ф. Изменение свойств почвы и урожайности озимой пшеницы и ячменя при удобрении жидким навозом // Изв. ТСХА. - 1978. - Вып. 3. - С. 34-42.

254. Тугуз Р.Х., Барышникова О.Н., Пак З.Ч. Теоретические основы экономического механизма охраны окружающей среды. / Материалы регион. научно-практ. конф., - Барнаул: 12 - 13 окт. 2000 - Барнаул: изд-во Алтайск. гос. ун-та, 2000, - с. 193–196. (Р.Ж 72 Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов, 2002 - № 6).
255. Тютюнова Ф.И. Физико-химические процессы в подземных водах — М.: Наука, 1976. — 127 с.
256. Феленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию // Пер. с нем. Очкина А.В. Под ред. Заборенко К.Б. - М.: Мир, 1997, — 232 с.
257. Фокин А.Д. Почва, биосфера и жизнь на земле. -М.: Наука, 1986.- 176 с.
258. Фокина В.Д. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства: Обзор информ. — М.: ВНИИТЭИсельхоз, 1980. — 51 с.
259. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв.— М.: Наука, 1982.— 204 с.
260. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена. - М. : МГУ, 1985. - 236 с.
261. Хохлов В.И. Производство и повышение эффективности применения пометных удобрений // Химия в с. х. - 1987. - Т. 25. - № 1. - С. 74-76.
262. Христенко А.А. Закономерности состояния фосфатного фонда почв естественных фитоценозов // Агрохимия, 2000. — № 7. — С. 3-9.
263. Худяков Я.П. Периодичность микробиологических процессов в почве и ее причины // Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов: Сб.науч.тр. — Л.: Наука, 1972.— С. 20–37.
264. Цуркан М.А. Агрохимические основы применения органических удобрений — Кишинев: Шпилица, 1985.- 420 с.



265. Цуркан М.А., Сергенту Е.П., Ципко А.А., Мартин А.Г. Бесподстилочный помет в качестве удобрения // Химизация сельского хозяйства, 1988, - № 1, – С. 52-54.
266. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва-растение при различной антропогенной нагрузке / Автореф. дис. ... канд. биол. н. - М.:ВИУА, 1995. - 39 с.
267. Черных Н.А., Ладонин В.Ф. Вопросы нормирования содержания тяжелых металлов в почве // Химия в с.х. - 1995. - № 5. - С. 10-13.
268. Черных Н.А., Овчаренко М.М., Поповичева Л.Л., Черных И.М. Приемы снижения фитотоксичности тяжелых металлов // Агрохимия. - 1995. - № 9. - С. 101-107.
269. Чернышев В.Н., Куликов Н.И., Ракульцев А.А. Очистка сточных вод от фосфора: в порядке обсуждения // ВСТ: Водоснабж. и сан.техн., 2001. – № 1. – С. 18-20.
270. Чичаева В.Н., Кашина Е.Д., Стукачева О.Н. Что это значит – экологически чистое? // Наука практики /Нижегородский аграрный журнал, 1999. – № 1(08). – С. 22-23.
271. Чугунова М.В. Влияние тяжелых металлов на почвенные микробиоценозы и их функционирование / Автореф. дис.... канд. биол.н. - Лен. НИИ с.х. микробиологии, 1990. - 17 с.
272. Чуканов В.И. Жидкий бесподстилочный помет и его использование // Научн.- тех. бюлл. СО ВАСХНИЛ. - 1984. - Вып. 49. - С. 24-27.
273. Чундерова А.И. Биохимическая деятельность микрофлоры и плодородие почвы // Агрономическая микробиология. – Л.: Колос, 1976. – С. 47-82.
274. Шапарь В.М. и др. Эффективность комплексного использования сточных вод животноводческих комплексов путем культивирования на них высших водных растений и водорослей. – В кн.: Природная среда и

- территориальная организация хозяйства в работах агропромышленного производства. – Кишнев, 1982. – С. 196-197.
275. Шарафеева Ф.Г., Петров Б.Г., Гайбадулин А.Г. Производство биогумуса из органических отходов с применением вермикультуры // Ст. и тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Казань, 1999. – С. 164-169.
276. Шафран С.А. Прогнозирование обеспеченности подвижными формами фосфора и калия Нечерноземной зоны // Агрохимия, 1997. – № 5. – С. 5-12.
277. Шафронов О.Д. За все в ответе // Плодородие, 2001. – №1. – С. 14-16.
278. Шварц А.А. Экологическая гидрогеология: Учебное пособие - СПб.: Изд-во С-Петербур. Университета, 1996, – 60 с.
279. Шевчук А.В. Платежи за загрязнение окружающей природной среды. // Использование и охрана природных ресурсов в России. Бюл., 2000, - № 4, - С. 101–106.
280. Шестаков А.Г., Нелюбова Г.А., Прянишникова З.Д. Влияние бора на развитие репродуктивных органов у растений // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. - Рига, 1956. - С. 155-156.
281. Широких А.А. Микрофлора кислых дерново-подзолистых почв Кировской области // Эколого-агрохимические, технологические аспекты развития земледелия Среднего Поволжья и Урала: Тез.докл. конф./ Казанский Ун-т. – Казань, 1995.– С.11–13.
282. Шкель М.П., Рылушкин В.И., Кульчицкий Н.М., Колесников В.Г. Влияние бесподстилочного навоза на продуктивность кормовых культур в Полесье БССР // Химия в с.-х.. – 1984. - № 7. - С. 19 - 23.
283. Школьник М.Я., Копмане И.В. Влияние предпосевной обработки семян юором на фосфорный обмен // Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока. - Улан-Удэ, 1969. - С. 111-112.

284. Шугалей Л.С. Использование некоторых показателей биологической активности в качестве диагностических признаков // Биологические процессы в лесных почвах Сибири: Сб.науч.тр.— Красноярск, 1980.— С.79–99.
285. Шуравилин А.В., Меркурьев В.С., Михалева Т.А. Доочистка животноводческих стоков на ботанической площадке // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2001. — № 6. — С. 41-42.
286. Щербаков А.П. Состояние, проблемы и перспективы экологизации земледелия России // Экология и почвы. Избранные лекции VIII-IX Всероссийских школ. - М.: ПОЛТЕКС, 1999, — С. 59-69.
287. Экологические проблемы применения удобрений — М.: Наука, 1984. — 196 с.
288. Экология ландшафтов Волжского бассейна в системе глобальных изменений климата (прогнозный Атлас-монография). - Н. Новгород : «Интер-Волга», 1995. - 163 с.
289. Экологобезопасное использование органических удобрений. Шайдак Л., Цеханович Ю., Матюшевская Т. и др. // Природные ресурсы, 1998. — № 1 — С. 56-64.
290. Экологические основы рационального землепользования: Рекомендации Российской академии сельскохозяйственных наук — М., 1994. — 67 с.
291. Ягодин Б.А., Кидин В.В., Цвирко Э.А., Маркелова В.Н., Саблина С.М. Тяжелые металлы в системе почва-растение. - Химия в с.х. - 1996. - № 5. - С. 43-45.
292. Ягодин Б.А., Торшин С.П. Агрогеохимия Центрального черноземного региона России на примере Белгородской области // Эколого-агрохимические, технологические аспекты развития земледелия Среднего Поволжья и Урала. - Казань, 1995. - С. 46-47.

293. Янишевский П.Ф. Химическая оценка фосфатного состояния почв // *Агрохимия*, 1996. – № 4. – 95-116.
294. Air pollutant levels drop in past decade. // *Chem. And Eng. News*, 2000, - 78, - № 33 - с. 26.
295. Alviar C.J. et al. Cow manure biogas production and utilization in an integrated farm system at the Alabang dairy project // *The Philippine J. of animal industry*, 1981. – vol. 36. – №1-4. – P.34-49.
296. Anderson A. On the distribution of heavy metals as compared to some other elements between grain size fraction in soils // *Swed. J. Agric. Res.* - 1979. - vol. 9. - No 1. - P. 7-13.
297. Anderson G.K. Developments in biological treatment of industrial wastewaters // *Tsinghua Sci. and Technol.*, 2000. – № 3. – P. 246-251.
298. Beaufays J.M., Nangniot P. Etude comparative du dosage du Cd dans les eaux, les engrais et les plantes par polarographie impulsionnelle differentielle et spectrometrie et absorbtion atomique. *Analysis* 4.- 1976. - P. 193-199.
299. Balland P. La place du traitement des lisiers dans la politique nationale et europeenne de gestion des excedents structurels // *C.r. Acad. agr. Fr.*, 1999. – № 3. – P. 33-46.
300. Bi Erping, Mu Haidong, Chen Zougyu, Wang Zhoo // *Digin xuebao-Acta Geosci Sin.*, 2001, - 22, - № 4, - с.365-368. (Р.Ж. 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов, 2002, - № 9, - с.43).
301. Bhat K.K., Callaghan J.R. Behaviour in the soil of orthophosphste from pig slurry comppared with that of  $K_2H_2PO_4$ . // *J. Agr. Sc.* - 1980. - vol.94. - P-1. - P. 195-201.
302. Bingham F.T., Strong J.E., Sposito G. Influence of chloride salinity on cadmium uptake by swiss chard // *Soil Science.* - No 3.-vol.135.-1983.- P.164-165.

303. Bowen H.J.M. Environmental chemistry of the elements. - London: Academic press. - 1979/ - 333 p.
304. Ernst W. Physiological and biochemical of metal tolerance // Effects of air pollutants on plants / Ed. Mansfield N. Cambridge, 1976. – P.115-133.
305. De Haas D.W., Wentzel H.C., Ekama G. A. The use of simultaneous chemical precipitation in modified activated sludge systems exhibiting biological excess phosphate removal // Water S. Afr., 2001. - № 2 – P. 135-150.
306. Finck A. Fertilizers and fertilization and practical guide to crop fertilization. – Weinstein. Deerfield beach // Florida: Basel, 1982. – 432 p.
307. Chessin L. Aquaculture forwaste management. – Biocycle, 1982. - vol.23. – №23. – P.52-56.
308. Christensen T.N. Cadmium soil sorbtion at low concentrations. 1. Effect of time, cadmium load, pH, and calcium. 2. Reversibility effect of changes in solute composition, and effect of soil aging // Water, air and soil pollution. - 1984. - No 14. - vol. 21. - P. 105-125.
309. Grady C.P.L., Filipe C.D.M. Tcological engineering of bioedctors for wastewater treatment // Water, Air, and Soil Pollut., 2000. – № 1-4. – P. 117-132.
310. Kathan J.G. Einwirkung der großen Mistdosen auf Nitratgehalt des Boodens // Dt. Gartenban, 1983. – N 3. – S. 102-103.
311. Kovacs M., Podani J. Bioindication: a short review on the use of plants as indicators of heavy metals // Acta Biologica Hungarica. - 1986. - No 1. - vol. 37. - P. 19-29.
312. Liao Xindi, Luo Shiming. Yingyong shengtai xuebau // J. Appl. Ecol., 2002. – № 1. – P. 113-117.
313. Mortvedt J.J. Cadmium level in soils and plants from some long-term soil fertility experiment inthe United States of America // Journal Environ. Quality. - 1987. - No 16. - P. 137-142.

314. Nair V.D., Graetz D.A., Reddy K.R. Dairy manure influences on phosphorus retention capacity of spodosols // J. Environ. Qual., 1998. – № 3. – P. 1103-1009.
315. Petruzzelli G., Guidi G., Lubrano L. Organic matter as an influencing factor on copper and cadmium absorption by soils // Water, Air, and Soil Pollution. - 1978. - No 3. - vol. 9. - p. 263-269.
316. Poelstra P., Frissel M.J. and El-Bassam. Transport and accumulation of Cd ions in soils and plants // Z.Plb.Ernhr.Dung.Boden. - 1979. - No 12. - P. 48-64.
317. Reuszer H.W. Axenic Techniques in the Determination of Root Functions and the Interrelationships of Microorganisms and Plant Roots // Soil Sci., 1962. – №1. – P.56–62.
318. Riffaldi R., Levi-Minzi R., Soldatini G.F. Pb absorption by soils. II. Specific absorption // Water, Air and Soil Pollution. - 1976. - Vol. 6. - P. 119-128.
319. Robertson W. D. Treatment of wastewater phosphate by reductive dissolution of iron // J. Environ. Qual., 2000. – № 5. – P. 1678-1685.
320. Schindler D.W. Eutrophication and recovery in experimental lakes Implication for lake management // Science., 1974 – № 4139. – P. 897-899.
321. Sommers L.E. Sludge-health risks of land application. - An. Arbor.Science Publishers, 1980. - 37 p.
322. System zarządzania środowiskowego wg normy iso 14001. Lopata Agnieszka. Inz. spod., 2000, - № 1, s. 127-135 // Р.Ж. 72. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов, - М., ВИНТИ, 2003, - № 3 - С. 55-56.
323. Tjell J.C., Hansen J.A., Cristensen T.H., and Hovmand M.F. Prediction of Cd concentration in danish soils // Proc. Soc. European Symposium «Characterization, treatment, and use of sewage sludge». Vienna, October 21-23. - 1980. - P. 652-664.

324. Tiller K.G. Heavy metals in soils and their environmental significance // Advances in soil science. - 1989. - vol. 9. - P. 113-142.
325. Tokahashi Y., Imai H. Adsorption of heavy metal cations in montmorillonite // Soil science and plant nutrition. - 1983. - No 2. - vol. 29. - P. 111-122.
326. UNESCO, MAB, № 15, Proj., 1974 - № 9.
327. Van Bruwaene, Kirchmann R., Impens R. Cadmium contamination in agriculture and zootechnology // Experientia. - 1984. - No 1. - vol. 40. - P. 35-37.
328. Williams C.H., David D.J. The effect of superphosphate on the cadmium content of soils and plants // Australian Journal of soils research. - 1973. - No 11. - P. 43-56.
329. Williams C.H., David D.J. The accumulation in soil of cadmium residues from phosphate fertilizers and their effect on the cadmium content of plants // Soil Science. - 1976. - No 121. - P. 86-93.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**



## Нормативные документы, используемые для определения качества воды

№ п/п	Шифр документа	Название документа
1	2	3
1	ГОСТ 2761-84	Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора
2	ГОСТ 27384-87	Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств
3	СанПиН 2.1.4. 1074-01	Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы. Госкомсанэпиднадзор РФ, М., 1996
4	ГОСТ 4192-82	Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ
5	ГОСТ 18826-73	Вода питьевая. Метод определения содержания нитратов
6	ГОСТ 18309-72	Вода питьевая. Метод определения содержания полифосфатов
7	ПНД Ф 14.1:1-95	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в очищенных сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера
8	ПНД Ф 14.1:2.3-95	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрит-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса
9	ПНД Ф 14.1:2.4-95	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой

1	2	3
10	ПНД Ф 1.:2.5-95	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и сточных водах методом ИКС
12	ПНД Ф 14.1:2.100-97	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом
11	ПНД Ф 14.1:2.56-96	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации цианидов в природных и сточных водах фотометрическим методом с пиридином и барбитуровой кислотой
13	ПНД Ф 14.1:2.106-97	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений содержания фосфора общего в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом после окисления персульфатом
14	ПНД Ф 14.1:2.112-97	Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфат-ионов в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом восстановлением аскорбиновой кислотой
15	НСАМ 297-Г	Спектрофотометрическое определение ионов аммония в природных водах
16	НСАМ 424-Х	Фотометрическое определение нитрит-иона в природных водах
17	НСАМ 453-ХГ	Хроматографическое определение нитрит-, нитрат-, фосфат- и сульфат-ионов при их совместном присутствии в природных водах

1	2	3
18	РД 52.24. 132-93	Методические указания. Определение ионов натрия, аммония, калия, кальция, магния в природных и очищенных сточных водах методом ионной хроматографии
19	РД 52.24. 133-93	Методические указания. Определение хлоридов, нитратов, сульфатов в природных и очищенных сточных водах методом ионной хроматографии
20	РД 52.24. 382-95	Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфатов и полифосфатов в водах фотометрическим методом
21	РД 52.24. 495-95	Методические указания. Методика выполнения измерений pH и удельной электропроводности

**Нормативные документы, используемые для определения  
агрохимических характеристик почв**

№ п/п	Шифр документа	Название документа
1	2	3
1	ГОСТ Р 50683-94	Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО
2	ГОСТ Р 50688-94	Почвы. Определение подвижных соединений бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО
3	ГОСТ Р 50682-94	Почвы. Определение подвижных соединений марганца по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО
4	ГОСТ Р 50684-94	Почвы. Определение подвижных соединений меди по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО
5	ГОСТ 26483-85	Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО
6	ГОСТ 27821-88	Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена
7	ГОСТ 26207-91	Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО
8	ГОСТ 26213-91	Почвы. Методы определения органического вещества
9	-	Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (издание 2-е, переработанное и дополненное). 1992 г., ЦИНАО, Москва

Минеральный состав премиксов,  
грамм вещества на тонну пищевой добавки

Номер состава	Назначение премикса	Fe	Mn	Cu	Zn	Co
1	2	3	4	5	6	7
КС-1	Для холостых и супорос- ных свиноматок	6000	3500	800	7500	5
КС-2	Для подсосных свинома- ток	6000	3500	800	7500	5
КС-3	Для поросят-отъемышей	2600	6006	7500	6000	25
КС-4	Для откорма свиней всех периодов	6000	3500	800	7500	5
П 51-7	Для поросят-сосунов и отъемышей	1000	-	250	400	50
П 53-1	Для свиноматок	1400	-	630	500	200
П 57-1	Для хряков- производителей	5000	-	350	3000	100

Приложение 4

Химический состав поверхностных вод бассейна р. Юганец, 2001 г.

№ п/п	Выше сброса				Ниже сброса			
	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	Содержание суммарного азота	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	Содержание суммарного азота
1	1,30	0,072	8,16	3,12	0,82	0,514	267,3	68,47
2	0,67	0,124	9,02	1,96	0,54	0,479	254,4	42,36
3	0,78	0,032	6,43	1,74	0,63	0,241	194,2	54,68
4	0,54	0,086	5,36	2,63	0,91	0,196	189,7	60,37
5	1,40	0,154	10,05	2,75	0,52	0,221	246,3	41,83
6	0,72	0,172	6,58	1,68	0,73	0,347	232,4	50,14
7	0,94	0,007	5,43	2,26	0,49	0,456	261,6	58,62
M ± m	0,91±0,12	0,09±0,02	7,29±0,69	2,31±0,21	0,66±0,06	0,35±0,05	235,6±11,9	53,78±3,6
V, %	36	66	25	24	24	38	13	18

Участие различных производств ОАО «Илиногорское»  
в загрязнении воздушного бассейна

№ п/п	Наименование источника	Количество выбросов, т/год	От общего объе- ма выбросов, %
1	Свинокомбинат № 1	99,75	19,6
2	Свинокомбинат № 2	99,88	19,6
3	Племферма	37,97	7,5
4	Ферма КРС	4,07	0,8
5	Мясокомбинат	17,17	3,4
6	Хозяйственный двор	7,23	1,4
7	БРУ	0,67	0,1
8	Цех водоснабжения	0,54	0,1
9	Цех теплоснабжения	232,81	45,8
10	Очистные сооружения	7,97	1,6

**Перечень точек контроля состояния воздушного бассейна  
в санитарно-защитной зоне предприятия**

№ п/п	Источники выбросов, находящиеся в непосредственной близости
Точка № 1	Аммиачная компрессорная (производственная площадка)
Точка № 2	Цех технических фабрикатов (производство мясо-костной муки)
Точка № 3	Цех первичной переработки скота (опалка туш и голов)
Точка № 4	Цех теплоснабжения (промплощадка)
Точка № 5	Свинокомбинат № 1
Точка № 6	Свинокомбинат № 2



## Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых супесчаных почв

№ участка	Гумус, %	рН <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Hг	T	V, %
			По Кирсанову, мг/кг		мг-экв/100 г			
1	1,1	4,9	700	22	22,2	2,2	24,4	91,0
2	8,0	5,2	1805	110	29,9	5,3	35,2	84,9
3	3,1	6,0	2427	120	24,4	1,9	26,3	92,8
4	5,6	5,8	4720	137	28,0	4,1	32,1	87,2
6	3,3	5,7	2340	200	29,2	2,9	32,1	91,0
13	2,0	5,7	720	39	7,6	2,0	9,6	79,2
14	1,8	6,4	1975	45	29,0	1,0	30,0	96,7
15	1,5	5,3	1257	306	8,0	2,3	10,3	77,7
16	1,6	5,7	1137	46	8,2	1,3	9,5	86,3
17	1,1	4,9	1390	72	7,2	2,2	9,4	76,6
18	1,5	5,4	762	120	26,2	1,8	28,0	93,6
19	1,5	5,0	1375	51	8,2	2,7	10,9	75,2
20	1,7	5,4	2360	28	10,2	2,4	12,6	81,0
21	1,4	5,7	860	44	8,6	1,5	10,1	85,1
22	1,6	5,3	1077	82	23,4	1,9	25,3	92,5
23	2,2	5,1	1840	52	20,6	2,5	23,1	89,2
27	2,2	5,3	1750	48	11,8	2,8	14,6	80,8
28	1,4	5,4	407	134	8,6	1,5	10,1	85,1
29	1,0	5,4	613	289	9,0	1,5	10,5	85,7
30	1,5	5,2	530	180	4,4	2,4	6,8	64,7
31	1,5	6,6	1140	155	18,4	0,7	19,1	96,3
32	1,0	6,5	860	81	12,2	0,6	12,8	95,3
33	1,4	5,5	1026	193	8,3	1,8	10,1	82,2
34	1,8	6,2	1660	204	11,6	1,0	12,6	92,1
35	1,6	5,6	848	227	5,9	1,5	7,4	79,7
36	1,5	6,6	1015	407	5,4	1,3	6,7	80,6
37	2,0	5,4	750	408	6,4	2,4	8,8	72,7
38	2,1	6,6	874	87	11,7	0,7	12,4	94,4

**Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых  
легкосуглинистых почв**

№ уча- стка	Гумус, %	рН <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	Hг	T	V, %
			По Кирсанову, мг/кг		мг-экв/100 г			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	2,3	5,5	2137	52	16,8	3,1	19,9	84,4
7	2,3	5,3	937	84	6,9	2,9	9,8	70,4
8	3,1	5,9	2443	165	13,1	2,3	15,4	85,1
9	4,8	5,4	3015	181	4,5	3,7	8,2	54,9
10	2,8	5,4	2230	449	30,8	2,4	33,2	92,8
11	1,7	5,2	1008	58	5,0	2,8	7,8	64,1
12	1,6	5,0	810	84	5,4	2,9	8,3	65,1
24	1,7	6,0	1851	62	10,1	1,4	11,5	87,8
25	1,1	-	-	-	22,2	2,2	24,4	91,0
26	4,6	5,2	1585	118	15,8	4,3	20,1	78,6

Корреляционная зависимость  
между содержанием валовых форм тяжелых металлов в почве

Показатели	Дерново-подзолистая супесчаная *)					Дерново-подзолистая легкосуглинистая **)				
	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni
Cd	0,696					0,821				
Cu	0,754	0,404				0,794	0,912			
Zn	0,189	-0,055	0,378			0,727	0,778	0,727		
Ni	0,546	0,313	0,681	0,218		0,770	0,790	0,769	0,897	
Cr	0,783	0,520	0,770	0,268	0,836	0,891	0,815	0,927	0,606	0,709

0,375<sup>\*)</sup> – минимальное значение показателя корреляции рангов  
для 5 % уровня значимости

0,484<sup>\*)</sup> – минимальное значение показателя корреляции рангов  
для 1 % уровня значимости

0,679<sup>\*\*)</sup> – минимальное значение показателя корреляции рангов  
для 5 % уровня значимости

0,834<sup>\*\*)</sup> – минимальное значение показателя корреляции рангов  
для 1 % уровня значимости

Приложение 10

Урожайность рапонтника сафлоровидного в вегетационно-полевом опыте, зеленая масса (1999-2002 г.)

Варианты опыта	1 <sup>ый</sup> год пользования			2 <sup>ой</sup> год пользования			3 <sup>й</sup> год пользования			4 <sup>й</sup> год пользования			В среднем за год		
	в среднем по варианту		Прибавка урожая, %	в среднем по варианту		Прибавка урожая, %	в среднем по варианту		Прибавка урожая, %	в среднем по варианту		Прибавка урожая, %	в среднем по варианту		Прибавка урожая, %
	г/сосуд	кг/м <sup>2</sup>		г/сосуд	кг/м <sup>2</sup>		г/сосуд	кг/м <sup>2</sup>		г/сосуд	кг/м <sup>2</sup>		г/сосуд	кг/м <sup>2</sup>	
Контроль	475,0	3,77	-	356,6	2,83	-	393,1	3,12	-	456,5	3,62	-	420,3	3,34	-
ЖСН-200	1309,2	10,39	175,6	1222,2	9,70	242,7	1395,8	11,08	255,1	1647,7	13,08	260,9	1393,7	11,06	231,6
N <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	1028,2	8,16	116,5	970,2	7,70	172,1	1013,0	8,04	157,7	1225,2	9,72	168,4	1059,2	8,41	152,0
<i>HCP<sub>05</sub></i>		0,58			0,36			0,21			0,63				