

*На правах рукописи*



**УДАРЦЕВА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ВНЕСЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ  
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Специальность 05.20.01 -  
«Технологии и средства механизации сельского хозяйства»**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук**

**Барнаул 2016**

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет» им. И. И. Ползунова

Научный консультант: доктор технических наук, профессор  
**Мельберт Алла Александровна**

Официальные оппоненты: **Аверьянов Юрий Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

**Селиванов Николай Иванович**, доктор технических наук, профессор зав. кафедрой «Тракторы и сельхозмашины» ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

**Киреев Иван Михайлович**, доктор технических наук, заведующий лабораторией «Разработка средств измерений и испытательного оборудования» Новокубанского филиала ФНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (КубНИИТиМ)

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Защита состоится «21» октября 2016 года в 10 на заседании диссертационного совета Д 212.004.02 при ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр-кт Ленина, 46, тел./факс +7 (3852) 36-71-29, сайт: [http:// www.altstu.ru](http://www.altstu.ru); электронный адрес: [erpb\\_401@mail.ru](mailto:erpb_401@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» и на сайте [http://www.altstu.ru/media/f/Dissertaciya\\_Udarceva.pdf](http://www.altstu.ru/media/f/Dissertaciya_Udarceva.pdf)

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью Вашего учреждения, просим направить по указанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета и e-mail: [oblad@mail.ru](mailto:oblad@mail.ru).

Автореферат разослан «10» августа 2016 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д.т.н., профессор



Куликова Лидия Васильевна

## **Общая характеристика работы**

### **Актуальность темы исследования**

Для агропромышленного производства в настоящее время остаются актуальными вопросы повышения урожайности культур, улучшения условий труда, снижения травматизма и заболеваемости, а также уменьшения вредного воздействия на почву и окружающую среду токсичных компонентов, используемых для защиты растений.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что применение химических средств защиты растений обеспечивает 50-70 % прироста урожая. В Российской Федерации для повышения урожайности культур на поля ежегодно вносится свыше 3 млн. тонн пестицидов. Опрыскивательные системы, оборудованные различными типами распылительных устройств, обеспечивают качественную обработку посевов. Но вместе с тем вопрос о пестицидном загрязнении почв в настоящее время изучен недостаточно, также отсутствует система оценки воздействия факторов экологической опасности на окружающую среду. Требования повышения экологической безопасности в растениеводстве, появление новой техники и технологий внесения, все более широкое использование различных химических препаратов ставят задачу необходимости разработки инженерных методов и технических средств защиты от токсичных компонентов в системе «человек-машина-среда».

Актуальность исследования экологической безопасности технологического процесса внесения пестицидов в современных условиях существенно возросла, что обусловлено следующими обстоятельствами:

- в результате химической обработки почв пестициды помимо прямого токсического воздействия на человека и окружающую среду вызывают изменения в экологической системе;
- постоянное воздействие остаточных концентраций пестицидов на экосистему, связанное с нарушением устойчивости, приводит к ее истощению и деградации;
- возникает угроза загрязнения остаточными концентрациями пестицидных препаратов других территорий через воздушные потоки и водные ресурсы.

Проблема данной ситуации заключается в том, что в условиях сельскохозяйственного производства, с одной стороны, существует необходимость проведения работ по химизации земель для повышения урожайности, а с другой, – имеющиеся знания о взаимосвязи и закономерностях технологического процесса, отсутствие методической и технической базы не позволяют в настоящее время обеспечить сохранение и защиту окружающей среды. Одним из способов решения данной проблемы является совершенствование технологического процесса внесения пестицидов путем распыления.

Данная работа выполнена в соответствии с Концепцией развития аграрной науки и научного обеспечения АПК до 2025 г. (МСХ РФ, приказ от 25 июля 2007 г., № 342); с ведомственной целевой программой «Развитие сельского хозяйства Алтайского края» на 2000-2015 гг. по направлению «Оптимизация процесса химизации земель» (Постановление Администрации края от 5 февраля 2008 г., № 48) и краевой программой «Охрана окружающей среды на территории Алтайского края 2000-2015 гг.» (Постановление Администрации края от 7 марта

1999 г., № 65). Исследования проведены по заказу Министерства образования и науки РФ в рамках научно-технической программы «Экология», научно-исследовательской работы по теме «Разработка математических моделей и направлений устойчивости технических систем и объектов и снижение техногенного влияния на окружающую среду», «Разработка полифункциональных материалов для снижения вредного воздействия на окружающую среду», выполняемых при непосредственном участии автора в Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова в период 2002-2016 гг.

**Степень разработанности темы исследования.** Проблемами экологической безопасности процесса внесения пестицидов занимались ученые: Никитин Н.В., Киреев И.М., Аверьянов Ю.И., Зыбалов В.С., Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шутко А.П., Задорожный О.Г. Повышению эффективности технологического процесса распыления пестицидов посвящены работы Синещекова В.Е., Вялых В.А., Ключкова В.А., Маркевич А.Е., Суторихина И.А., Лысова А.К., Стецова Г.Я. и др. Вопросы обоснования конструктивных параметров процесса распыления рассмотрены в трудах ученых: Абубикерова В.А., Соколова М.С., Лепехина Н.С. Применение системного подхода при проведении исследования предложено в работах Селиванова Н.И., Новоселова А.Л., Мельберт А.А. и др.

Однако при всей значимости проведенных исследований некоторые аспекты данной проблемы изучены недостаточно. В научных работах не рассматривается взаимосвязь между параметрами технологического процесса распыления пестицидов и показателями экологической безопасности. С точки зрения методологии возникает необходимость использования системного подхода к проведению исследований.

**Цель работы** заключается в научно-теоретическом обосновании процедуры оценки воздействия опасных веществ и совершенствовании технологического процесса внесения пестицидов для повышения экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

1. Провести анализ современного состояния проблемы обеспечения экологической безопасности процесса внесения пестицидов в России и за рубежом, определить и систематизировать критерии, характеризующие опасное воздействие на окружающую среду.

2. Разработать методологию оценки и выбора критериев экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов с системе «человек-машина-среда».

3. Разработать математическую модель процесса распыления пестицидов.

4. Разработать методику экспериментальных исследований технологического процесса внесения пестицидов.

5. Разработать информационно - программный комплекс для оценки экологической безопасности процесса распыления пестицидов в режиме реального времени.

6. Провести стендовые и полевые исследования типовых и модернизированных распылительных устройств для оценки соответствия технологического процесса распыления пестицидов критериям экологической безопасности. Оценить результаты научных исследований.

### **Научную новизну представляют:**

- методология оценки и обоснования критериев экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов, позволяющая на основе метода вероятностного анализа получить количественные и качественные зависимости в системе «человек-машина-среда»;
- математическая модель процесса распыления пестицидов, устанавливающая закономерности между параметрами технологического процесса и критериями обеспечения экологической безопасности;
- методики проведения экспериментальных исследований технологического процесса распыления пестицидов;
- информационно - программный комплекс оценки и прогнозирования экологической безопасности процесса распыления пестицидов;
- результаты стендовых и полевых исследований процесса распыления пестицидов с использованием типовых и модернизированных устройств;
- эколого - экономическая оценка результатов научных исследований.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Выявленные закономерности, зависимости, разработанные технические решения и результаты оценки экологической безопасности явились практической базой для совершенствования технологического процесса распыления пестицидов в сельскохозяйственном производстве. Разработанный информационно-программный комплекс позволил проводить исследования экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов в режиме реального времени в полевых условиях, что подтверждено актами о внедрении.

Методика проведения стендовых и полевых исследований типовых и модернизированных распылительных устройств является унифицированной и может применяться в технологическом процессе современных опрыскивательных систем, о чем свидетельствуют акты об использовании результатов научно-исследовательской работы ФГНУ «Алтайский НИИ сельского хозяйства».

Предложенные технические решения подтверждены Патентом на полезную модель и Свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Методология и методы исследования**

Общая методологическая основа исследований заключалась в использовании системного подхода, математической статистики, вычислительного эксперимента. В процессе проведения исследований применялись элементы теории систем, теории вероятностей, факторный и кластерный метод, математическое моделирование процессов.

Экспериментальные исследования выполнены с использованием отраслевых методик, методов планирования и наблюдений.

Обработка экспериментальных данных осуществлялась методами статистического анализа с использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel и разработанным информационно-программным обеспечением «Оценка процесса аэрозольного распыления пестицидов», «Оценка эффективности распылителей пестицидов» и «Оценка экологической безопасности процесса распыления пестицидов».

Достоверность положений работы подтверждается сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Методология оценки и выбора критериев экологической безопасности технологического процесса, основанная на функционально-морфологическом анализе системы «человек-машина-среда».

2. Математическая модель процесса распыления пестицидов, устанавливающая закономерности между параметрами технологического процесса и критериями экологической безопасности.

3. Методики экспериментальных исследований технологического процесса внесения пестицидов.

4. Информационно-программный комплекс оценки экологической безопасности процесса распыления пестицидов, включающий базу данных, технические средства распыления, систему замеров и программное обеспечение.

5. Результаты стендовых и полевых исследований процесса распыления пестицидов с использованием типовых и модернизированных устройств.

6. Результаты эколого-экономической оценки научных исследований.

**Степень достоверности и апробация результатов** теоретических положений и выводов подтверждены экспериментальными исследованиями, данными математического и компьютерного моделирования процесса распыления пестицидов, результатами стендовых и полевых исследований типовых и модернизированных распылительных устройств, эколого-экономической оценкой предлагаемых мероприятий.

Основные результаты работы использованы на объектах агропромышленного комплекса Алтайского края, о чем свидетельствуют справки и акты о внедрении.

Методика и база данных информационно-программного комплекса приняты к реализации филиалом ФГУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Алтайскому краю.

Результаты диссертационного исследования использованы в учебном процессе ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» при изучении дисциплин «Агрохимия», «Технические средства защиты растений», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» при изучении дисциплин «Экология», «БЖД».

Основные положения и результаты работы были доложены на международных и всероссийских конференциях, конгрессах: VIII международной научно-практической конференции «Научные дискуссии: вопросы теории и практики» (Москва, 2003 г.), международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (Красноярск, 2006, 2011 гг.), международной научно-практической конференции «Россия: интеграция в мировую экономику» (Москва, 2005 г.), научно-практической конференции «Информационная безопасность в открытом образовании» (Магнитогорск, 2007 г.), научно-практической конференции «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – приоритетные направления обеспечения комплексной безопасности населения юга Западной Сибири» (Барнаул, 2008г.), научно-практической конференции «Предпринимательство и инновации: Региональные приоритеты и перспективы развития» (Барнаул, 2012 г.), научно-практической

конференции «Региональные приоритеты и перспективы развития» (Барнаул, 2014 г.). Materialy X mezinarodni vedecko - praktika konference «Modern informacni technologie», Praha, 2012, materialy XI mezinarodni vedecko - praktika konference «Moderni informacni technologie», Praha, 2013, materialy X mezinarodni vedecko - praktika konference «Ecologie Zemepis a geologie», Praha, 2014, Method of assessment process environmental safety pesticide spraying, materials of the XI international scientific and practical conference «Cuttinc - Edge science - 2015». April 30 – May 7, 2015 Volume 28 Technical sciences / Sheffield Science and Education ltd 2015 – С. 10-13.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Научные положения, приведенные в диссертации, соответствуют специальности 05.20.01- «Технологии и средства механизации сельского хозяйства», в частности, области исследования п.11 «Разработка инженерных методов и технических средств обеспечения экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве».

**Публикации.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 48 печатных работ, в том числе в журналах, из перечня ВАК РФ – 15, получены 3 Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, Патент на полезную модель «Распылительное устройство».

### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, выводов, библиографического списка из 252 источников, 9 приложений, изложена на 253 страницах, включает 98 таблиц и рисунков.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** к диссертации сформулированы актуальность, цель и задачи исследования, научная новизна, методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, практическая значимость работы, вопросы апробации и реализации полученных научных результатов.

**В первой главе** проведен анализ современного состояния вопроса загрязнения окружающей среды как следствия использования химических средств защиты растений. Показано, что химический способ защиты растений в настоящее время является единственным экономически целесообразным средством повышения урожайности во всем мире. В зависимости от агротехнических условий используется определенное количество и виды пестицидов, необходимые для процесса химизации почв (таблица 1).

Таблица 1 – Расход пестицидов и урожайность основных сельскохозяйственных культур в различных странах

| Страна            | Расход пестицидов, кг д.в./га пашни | Урожайность, ц/га |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Япония            | 10,70                               | 54,8              |
| США               | 1,47                                | 26,0              |
| Европа            | 1,87                                | 34,3              |
| Латинская Америка | 0,22                                | 19,7              |
| Африка            | 0,13                                | 12,1              |
| Россия            | 0,25                                | 15,9              |
| Казахстан         | 0,17                                | 10,6              |

В связи с недостатком пахотных угодий и высокой численностью населения Япония является лидером по использованию химических средств защиты растений, при условии жесткого контроля за качеством продукции.

Динамика внесения пестицидов на территории России, в том числе в Алтайском крае, увеличилась в 2,2 раза, на 30 % возросло их использование и в 2,5 раза увеличилась обрабатываемая пестицидами площадь, в то же время в структуре применяемых пестицидов 75 % приходится на малотоксичные препараты.

В 2014 году для защиты сельскохозяйственных угодий на территории Алтайского края использовано 3086,096 тыс. кг пестицидов на площади 2579,861 тыс. га. Средняя пестицидная нагрузка возросла с 0,87 кг/га в 2012 году до 1,19 кг/га в 2014 году, что составило 77 % (таблица 2).

Таблица 2 – Расход пестицидов на территории Алтайского края и ОКП\*

| Годы | Всех групп пестицидов, тыс. кг | На площади, тыс. га | Пестицидная нагрузка, кг/га | Остаточное количество пестицидов в почве, % | С превышением ПДК, % |
|------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| 2012 | 1385,880                       | 1591,882            | 0,87                        | 39                                          | 11,8                 |
| 2013 | 2044,614                       | 2323,426            | 0.88                        | 47                                          | 23.7                 |
| 2014 | 3086,096                       | 2579,861            | 1,19                        | 53                                          | 25,9                 |

ОКП\*-остаточное количество пестицидов в почве, мг/кг.

Исследования содержания остаточных количеств пестицидов в почве выявили «единое пространство загрязнений» на территории Алтайского края. По данной проблеме Алтайский край включен в число приоритетных регионов программы «Экологически обоснованное управление пестицидами на территории Российской Федерации».

В настоящее время в Российский Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, внесено 650 видов химических веществ защиты растений и свыше 1100 агрохимикатов. Это наибольшее число пестицидов, разрешенных к использованию в России за последнее десятилетие. Из числа пестицидов, внесенных в указанный каталог, 21 препарат относится к 1 классу опасности и 101 препарат – ко 2 классу опасности для человека.

В связи с тем, что процесс распыления пестицидов осуществляется в реальных полевых условиях, возникает необходимость учета и систематизации критериев, характеризующих параметры повышения экологической безопасности. К таким критериям согласно регистрационным требованиям отнесены: индикатор токсичности пестицида –  $LC_{50}$ , индикатор стойкости –  $DT_{50}$  и индикатор подвижности –  $K_d$ .

Наибольшее значение имеет индикатор токсичности пестицидов. Он характеризует способность пестицидных препаратов при определенных дозах вызывать нарушение жизнедеятельности организма, а при других – их отравление и гибель.

Одним из ведущих элементов процесса внесения пестицидов являются сельскохозяйственные машины, оборудованные различными типами распылительных устройств и опрыскивательных систем (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительный анализ показателей экологической безопасности и эффективности технологического процесса распыления различными типами опрыскивательных систем

| Наименование технологического средства                    | Отклонение фактического расхода жидкости на рабочем режиме от заданного, % | Медианно-массовый диаметр осевших капель, $d_m$ , мкм | Неравномерность распределения рабочей жидкости коэффициент вариации, $\gamma$ , % | Вынос пестицидных частиц за полосу обработки, % |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Аэрозольный генератор – ГРД                               | >10                                                                        | 200-300                                               | > 40                                                                              | >20                                             |
| Авиационные установки КХ-00460 МДР – 50 СХ с системой GPS | От 6-13                                                                    | 50-100                                                | Равномерное                                                                       | >10                                             |
| Штанговые: - ОП 200М                                      | >20                                                                        | 100-500                                               | Равномерное                                                                       | Отсутствует                                     |
| СУМО-24                                                   | > 20                                                                       | 100-150                                               | > 18                                                                              | >10                                             |
| КР-0295                                                   | Нет                                                                        | 70-350                                                | Равномерное                                                                       | Отсутствует                                     |

По результатам проведенного анализа опрыскивательных систем, используемых в настоящее время, выявлено, что данные установки позволяют обеспечить высокую эффективность процесса распыления пестицидов, но наличие в спектре распыла мелких или крупных капель, неоднородность покрытия листовой поверхности, неравномерное распределение рабочей жидкости вдоль штанги распылительной машины создают проблему экологической безопасности сельскохозяйственного производства.

В связи с тем, что экологическая опасность пестицидов заключается в вероятности проявления их в реальных условиях окружающей среды и в настоящее время отсутствуют регламенты на применение конкретного пестицидного препарата, возникает необходимость систематизации критериев экологической опасности процесса распыления пестицидов с учетом технологических параметров и нормативов на основе функционально-морфологического описания системы «человек – машина - среда».

Во второй главе проведено функционально-морфологическое описание системы «человек-машина-среда». В качестве методологической основы системного анализа использована теория системного подхода (ТСП), необходимая для выбора критериев и решения проблем повышения экологической безопасности процесса распыления пестицидов. Использование ТСП путем определения количественных зависимостей между компонентами системы «человек – машина – среда» (Ч-М-С) и критериями экологической

безопасности технологического процесса позволило определить наилучшие варианты решения задачи. Основной целью функционирования данной системы является получение результата, направленного на повышение экологической безопасности собственно процесса распыления пестицидов и безопасности последствия на человека и окружающую среду. «Ч-М-С» являются взаимодействующими элементами, характеризующиеся следующими состояниями (рисунок 1).

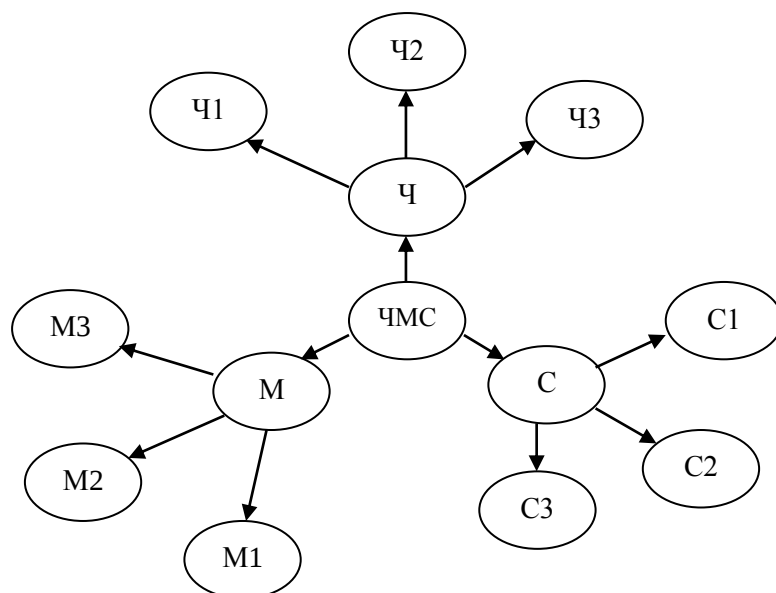


Рисунок 1 – Классификация состояний элементов Ч-М-С

1. Элемент – «человек». В данной системе человек выступает в роли объекта защиты или оператора машины, выполняющего определенные технологические функции при распылении пестицидов. Как объект защиты от воздействия технологического процесса человек характеризуется следующими признаками: возрастом, полом, физическим состоянием, медицинскими противопоказаниями.

Человек как элемент системы Ч-М-С характеризуется следующими свойствами (состояниями):

- Ч<sub>1</sub> – безошибочные действия;
- Ч<sub>2</sub> – неопределенность действия;
- Ч<sub>3</sub> – неправильные действия оператора.

2. Элемент – «машина». В данном случае в качестве элемента – машина рассматривается опрыскивательная система. Технологический процесс опрыскивательной системы характеризуется следующими состояниями:

М<sub>1</sub> – технологический процесс протекает согласно агротехническим требованиям;

М<sub>2</sub> – технологический процесс протекает с нарушением агротехнических требований;

М<sub>3</sub> – неработоспособное состояние опрыскивательных систем, интерпретируемое как структурный отказ.

3. Элемент «среда» – рассматривается как внешняя среда, т. е. объект воздействия технологического процесса распыления пестицидов.

С<sub>1</sub> – предмет обработки в процессе распыления;

$C_2$  – собственно природная среда, которая подвергается воздействию в результате нецелевого попадания пестицидов;

$C_3$  – внутренняя среда (рабочая зона), в пределах которой совершаются определенные виды работ, характеризуется и микроклиматом рабочего пространства.

Основной целью функционирования системы Ч-М-С является получение результата, направленного на повышение экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов (ЭБТПРП).

В результате анализа причинно-следственных связей функционирования системы определены этапы ее исследования:

1. Определение опасности процесса распыления пестицидов в результате действия неуправляемых факторов.

2. Разработка и анализ причин формирования опасности загрязнения.

3. Обоснование комплекса мероприятий и выбор наиболее предпочтительного.

Уровень экологической безопасности процесса распыления был охарактеризован:

- возможностью загрязнения окружающей среды в результате нецелевого распыления пестицидов;

- последствием превышения ПДУ загрязнения пестицидами почвы, водных ресурсов согласно санитарно-гигиеническим требованиям;

- причинением экономического ущерба вследствие снижения урожайности культур от загрязнения почв.

В основе оценки экологической безопасности выделены индикаторы, устанавливающие предельно-допустимые значения концентраций пестицидов для человека и окружающей среды ( $LC_{50}$ ,  $DT_{50}$ ,  $K_d$ ) (таблица 4).

Таблица 4 – Индикаторы экологической опасности пестицидов

| Индикатор                                                               | Характеристика опасности                   |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| $DT_{50}$ – стойкости (период полураспада пестицида в природных средах) | Стойкость в почве, воде и воздухе          |
| $K_d$ – подвижности (сорбции)                                           | Подвижность в системе почва-раствор        |
| $LC_{50}$ – токсичности (полуметальная и недействующая концентрации)    | Токсичность для нецелевых видов организмов |

$C$  – концентрация пестицида;  $t$  – время;  $S$  – растворимость пестицида в воде.

Оценка экологической опасности пестицидов, основанная на использовании индикатора стойкости –  $DT_{50}$ , индикатора токсичности –  $LC_{50}$  и индикатора подвижности пестицидов в средах –  $K_d$ , позволяет проводить сравнительную характеристику препаратов, методов и систем их внесения. Вышеуказанные индикаторы формируются по уже имеющимся показателям. Каждый показатель в дальнейшем оценивается в баллах (рисунок 2). Общее количество баллов составляет 12 по 3 показателям:

- 3-й уровень (от 12 до 10 баллов) – экологическая безопасность процесса распыления пестицидов считается обеспеченной;

- 2-й уровень (от 10 до 8), экологическая безопасность частично обеспеченная, рассчитывается при 50 % обеспеченности от 3 уровня;
- 1-й уровень (менее 8 баллов), экологическая безопасность считается не обеспеченной.



Рисунок 2 – Оценка уровней обеспечения экологической безопасности процесса распыления пестицидов

Оценка экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов предусматривает выбор критериев в соответствии с требованиями «Спецификации пестицидов» продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН и Всемирной организации здравоохранения (далее FAO/WHO спецификации пестицидов).

С помощью системы экспертных оценок и данных литературных источников определены весовые значения критериев в выражении для обобщенного критерия, имеющего вид:

$$A_o = \sqrt{A_{эб} \cdot A_{pp} \cdot A_{нпрж} \cdot A_{zn} \cdot A_{нд}} \quad (1)$$

где,  $A_{эб}$ ,  $A_{нпрж}$ ,  $A_{zn}$ ,  $A_{нд}$ ,  $A_{pp}$  – обобщенные приведенные значения по группам критериев;  
 $i$  – число группы критериев.

Для разработки методологии оценки и выбора параметров технологического процесса распыления пестицидов (рисунок 3) определены следующие группы критериев:

- группа критериев распределения капель по поверхности растения;
- группа критериев нормы расхода рабочей жидкости;
- группа критериев густоты покрытия листовой поверхности;
- группа критериев предела диспергирования;
- группа критериев экологической безопасности.

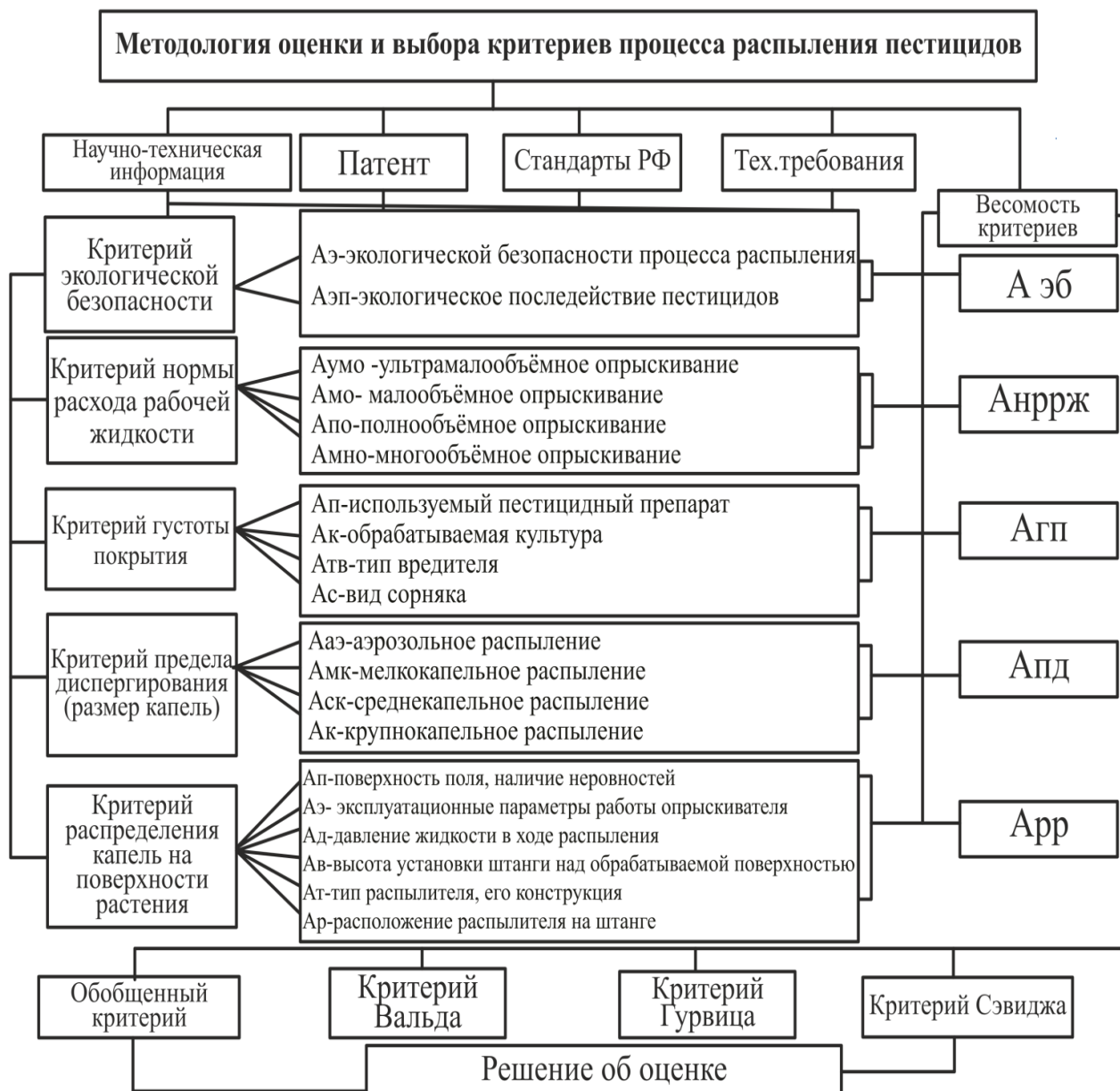


Рисунок 3 – Методология оценки и выбора критериев технологического процесса распыления пестицидов для повышения экологической безопасности

Правильность оценки проверялась по ряду критериев. По максимальному критерию Вальда оценка гарантирует выигрыш не меньше, чем низшая оценка:

$$a_v = \max_i \min_j t_{ij} . \quad (2)$$

Проверка по минимальному критерию Сэвиджа показала выигрышные варианты решений, при которых величина риска в наихудших условиях минимальна:

$$S_s = \max_i \min_j r_{ij} . \quad (3)$$

Проверка по критерию пессимизма - оптимизма Гурвица проведена по выражению

$$H_G = \max \{ \eta \min_i t_{ij} + (1 - \eta) \max_j t_{ij} \}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – коэффициент пессимизма;

$t$  – оценочный показатель.

Результаты оценки по величине обобщенного критерия  $A_{об}$  позволили выделить основные критерии, определяющие экологическую безопасность технологического процесса распыления пестицидов –  $A_{гп}$  (критерий густоты покрытия),  $A_{пд}$  (критерий предела диспергирования), и обеспечивающие критерии –  $A_{рр}$  (критерий равномерности распределения,  $A_{нррж}$  (критерий нормы расхода рабочей жидкости).

С помощью системы экспертных оценок установлены весовые значения критериев:  $A_э-0,9$ ;  $A_{эб}-0,87$ ;  $A_{умо}-0,63$ ;  $A_{мо}-0,5$ ;  $A_{по}-0,7$ ;  $A_{тв}-0,97$ ;  $A_{ск}-0,65$ ;  $A_э-0,97$ ;  $A_д-1$ ;  $A_в-0,7$ ;  $A_т-1$ ;  $A_р-0,5$ , распределение которых представлено на рисунке 4.



Рисунок 4 – Распределение оценок весомости критериев экологической безопасности процесса распыления пестицидов

Разработанная методология вероятностного анализа системы «человек-машина-среда» позволила выявить основные критерии для оценки и выбора решений по повышению экологической безопасности процесса распыления пестицидов, получить их количественные и качественные характеристики.

**В третьей главе** разработана математическая модель процесса внесения пестицидов, основанная на выбранных критериях технологического процесса распыления пестицидов для повышения экологической безопасности.

При разработке модели учтено одновременное существование ряда явлений: распада струи жидкости в распылительном устройстве с различным диаметром выходного отверстия, распределение рабочей жидкости по листовой поверхности и осаждение распыленной жидкости пестицидов на обрабатываемую поверхность.

Таким образом, математическое моделирование сводилось к построению трех моделей:

1. Математическая модель процесса распада струи жидкости в щелевом распылителе.

Скорость движения жидкости из распылительного устройства была представлена в следующем виде:

$$v_p = Q_f / S_k, \quad (5)$$

где  $v_p$  – скорость движения жидкости, м/с;

$Q_f$  – расход жидкости через распылительное устройство, дм<sup>3</sup>/мин;

$S_k = \pi d^2$  – площадь распылительного устройства – поперечного сечения струи.

$$v_p = \frac{Q_f}{\pi d^2}. \quad (6)$$

При построении математической модели введена система ограничений в части режимов дробления капель. С учетом числа Вебера ( $We_1$ )

$$We_1 = d_d p_g v_g^2 \alpha^{-1}, \quad (7)$$

где  $d_d$  – диаметр жидких капель, м;

$p_g$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$v_g$  – относительная скорость обтекания капли газом, м/с;

$\alpha$  – коэффициент поверхностного натяжения.

$$We_{1*} = 5 \left( 1 + \frac{3}{2} L_p^{-0,37} \right); \quad We_{1**} = 15; \quad We_{1***} = 2L^{\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

где  $L_p = d_d p_f a \mu f^2$  – число Лапласа с тремя режимами дробления капель:

$$1) We_{1*} < We_1 < We_{1**}$$

$$2) We_{1**} < We_1 < We_{1***} \quad (9)$$

$$3) We_{1***} < We_1$$

где  $d_d = 0,0012$  м;  $d_5 = 0,0005$  м;  $p_g = 1$  кг/м<sup>3</sup>;  $a = 0,02$  Н/м<sup>2</sup>;  $\mu = 10^{-3}$  кг·с/м.

$L_p = 5 \cdot 10^4$ ;  $We_{1*} = 6,3$ ;  $We_{1**} = 15$ ;  $We_{1***} = 156$ ;  $We_1 = 19,5$ . Исходя из условия прохождения распыляемой жидкости через конус предварительного распыла имеем второй режим дробления капель.

Уравнение для определения  $v_c$  (скорости рабочей жидкости при входе в конус) имеет вид:

$$v_c = v_0 \frac{3d_5^2 l_c^2}{4s \left[ 3d_5^2 l_c^2 + 6x \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) l_c^2 - s^2 d_5 + 2s^2 x_A \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]}, \quad (10)$$

где  $v_0$  – скорость рабочей жидкости на выходе из конуса, м/с;

$v_c$  – скорость рабочей жидкости при входе в конус, м/с.

Данная формула описывает процесс распада струи жидкости в щелевом распылителе, оборудованном конусом предварительного распыления, определяет

зависимости скорости движения струи от расхода и давления жидкости для различных плотностей жидкости.

2. Математическая модель распределения рабочей жидкости по обрабатываемой поверхности позволила исследовать критерий равномерного распределения пестицидов, ( $Y$ ).

Степень покрытия поверхности

$$U = S_n / S_o, \quad (11)$$

где  $S_n$  – площадь растения, покрытая каплями,  $m^2$ ;

$S_o$  – общая площадь обрабатываемой листовой поверхности,  $m^2$ .

Введена система ограничений по густоте покрытия ( $\lambda$ ) и коэффициенту растекания  $K_r$  для различных типов обрабатываемых культур.

Средняя степень покрытия обрабатываемой поверхности

$$U_{cp} = (0,728592 / K_n \cdot 10^4 \lambda (6,26 / 1,166) \lambda d_m^2, \quad (12)$$

где  $U_{cp}$  – средняя степень покрытия поверхности, %;

$K_n$  – коэффициент полидисперсности распыла;

$\lambda$  – густота покрытия поверхности каплями, капель/ $cm^2$ ;

$d_m$  – медианно-массовый диаметр капель,  $мкм$ .

Отклонение степени покрытия

$$\sigma_u = (0,921 \cdot d_m^{0,34} \cdot d_n) \ln(\lambda) - (2,26 d_m - 1,27 d_n), \quad (13)$$

где  $\sigma_u$  – стандартное отклонение степени покрытия, %;

$d_n$  – медианно-числовой диаметр,  $мкм$ .

Математическое ожидание степени покрытия при  $K_n = 350/170 = 2,058$ ,  $\lambda = 110$  капель /  $cm^2$  заданное нормативными требованиями.

Функция распределения степени покрытия для щелевого распылителя типа ST 110.03, образующих  $d_m = 340$   $мкм$ ,  $d_n = 170$   $мкм$  и густоту покрытия  $\lambda = 410$  капель/ $cm^2$ . Вероятность получения степени покрытия согласно нормативным требованиям менее 12% и степень покрытия, которая не будет превышена с вероятностью 95 %.

$$U_{cp} = (0,728592 / 2,0 \cdot 10^4 410 (6,26 / 2,0 - 11,166) 410 \cdot 0,35^2 = 15,58 \% \quad (14)$$

Стандартное отклонение степени покрытия

$$\sigma_u = (0,921 \cdot 0,35 - 0,34 \cdot 0,17) \ln(410) - (2,26 \cdot 0,35 - 1,27 \cdot 0,17) = 1,0165 \% \quad (15)$$

Таким образом, с вероятностью 0,95 получена степень покрытия 15,58 % при обработке щелевыми распылителями с определенными параметрами распыла. Вероятность получения степени покрытия менее 12 % составляет 2,99.

Установленные закономерности между параметрами технологического процесса ( $P$ ,  $V$ ,  $Q$ ) и требованиями его эффективности позволили подтвердить зависимость повышения экологической безопасности от дисперсности и густоты покрытия.

3. Математическая модель процесса осаждения распыленной жидкости пестицидов для оценки отношения площади поверхности покрытой рабочей жидкостью к общей площади поверхности объекта обработки.

Согласно закону распределения диаметров капель определено уравнение медианы густоты покрытия

$$\lambda_{0,5} = 2,22 \cdot 10^7 \frac{Q \cdot K_n}{d_m^3} = 2,22 \cdot 10^7 \frac{Q \cdot K_n}{d_m^2 d_n}, \quad (16)$$

где  $\lambda_{0,5}$  – медиана густоты покрытия, капель/см<sup>2</sup>;

$Q$  – норма внесения, дм<sup>3</sup>/га;

$K_n$  – коэффициент полидисперсности;

$d_m$  – ММД распыла, мкм;

$d_n$  – МЧД распыла, мкм.

Логарифмически нормальный закон распределения густоты покрытия  $\lambda$

$$f(d) = \frac{1}{\lambda b_\lambda \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\ln \lambda - a_\lambda)^2}{2b_\lambda^2} \right], \quad (17)$$

где  $a_\lambda$  – математическое ожидание  $\ln(\lambda)$ ;

$b_\lambda$  – стандартное отклонение  $\ln(\lambda)$ .

$$a_\lambda = \ln(\lambda_{0,5}). \quad (18)$$

$$b_\lambda = 2,67 \cdot 10^{-4} \sqrt{\frac{K_n \cdot d_m^3}{Q}}. \quad (19)$$

С учетом плотности распределения  $a_\lambda$  и  $b_\lambda$  получаем параметры распределения

$$\lambda_{0,95} = 1\text{-ЛОГНОРМОБР}(0,95; a_\lambda; b_\lambda), \quad (20)$$

где ЛОГНОРМОБР – значение функции логарифмически нормального распределения с параметрами  $a_\lambda$  и  $b_\lambda$  для заданной вероятности 0,95.

Разработанные математические модели процесса распыления пестицидов позволили выявить зависимости между параметрами технологического процесса, климатическими условиями и показателями повышения экологической безопасности: равномерностью распределения жидкости ( $\gamma$ ), густотой покрытия ( $\lambda$ ) и размером образующихся капель ( $d_m$ ) с учетом агротехнических требований. При определенных допущениях системы (Ч-М-С), как интегральной оценки результатов взаимодействия ее элементов, установлено влияние давления в распылителе на диаметр образуемых капель и повышение экологической безопасности.

**В четвертой главе** изложены программа и методики проведения лабораторных и полевых исследований, разработанные согласно требованиям ГОСТ Р 53053-2008, ГОСТ Р 20915-75, ГОСТ 12.2.002-91. Программа проведения исследований включала два этапа.

1. Провести сравнительные исследования типовых и модернизированных распылительных устройств на соответствие критериям экологической безопасности.

2. Определить параметры технологического процесса распыления пестицидов при использовании определенного типа распылительного устройства на соответствие критериям экологической безопасности.

Для выполнения исследований был разработан и изготовлен экспериментальный стенд для испытания распылительных устройств (рисунок 5).

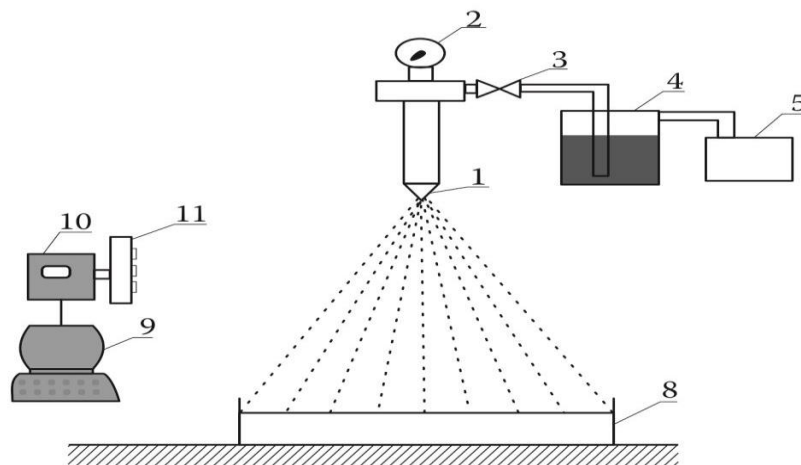


Рисунок 5 – Блок-схема измерительного стенда:

1 – распылитель; 2 – манометр; 3 – запорный клапан;  
4 – емкость с жидкостью; 5 – компрессор; 6, 7 – лабораторный шкаф и стол, 8 –  
индикаторные карточки;  
9, 10, 11 – информационно-программный комплекс

В процессе распыления осаждаемые на индикаторные карточки (8) частицы сканировались (11) и отправлялись в информационно-программный комплекс (9, 10) для дальнейшей обработки. Полученный в результате измерения средневзвешенный медианно-массовый диаметр капель  $\bar{d}_m$ , мкм, определялся по формуле

$$\bar{d}_m = \frac{\bar{d}_k b_k + \bar{d}_c b_c + \bar{d}_m b_m}{n}, \quad (21)$$

где,  $\bar{d}_k, \bar{d}_c, \bar{d}_m$  – среднее значение показателей медианно-массовых диаметров, соответственно, крупных, средних и мелких капель, мкм;

$b_k, b_c, b_m$  – процентное соотношение, соответственно, крупных, средних и мелких капель, %;

$n$  – количество результатов.

В соответствии с ГОСТ Р 52778-2007, ГОСТ 20915-75, ГОСТ ИСО 5682-2-2004 разработана методика проведения полевых исследований для анализа технологического процесса распыления пестицидов опрыскивательной системой, оборудованной щелевыми распылительными устройствами. На рисунке 6 представлена технико-технологическая карта проведения работ по распылению пестицидов, определяющая схему движения и программу размещения пьезодатчиков для определения концентраций на листьях и почве.

Объединенные в беспроводную сенсорную сеть пьезодатчики образуют распределенную, самоорганизующуюся систему сбора, обработки и передачи информации. Беспроводные сенсорные сети состоят из миниатюрных вычислительно-коммуникационных устройств. На каждом устройстве размещаются процессор, память, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, радиочастотный приемопередатчик, источник питания и датчики. Датчики выбираются, исходя из химического состава пестицида и подключаются через цифровые и аналоговые коннекторы. Распределение пьезодатчиков поперек движения опрыскивательной системы полосой 1 м с шагом 1 м в направлении

движения опрыскивателя позволит получить данные по равномерности и дисперсности процесса распыления.

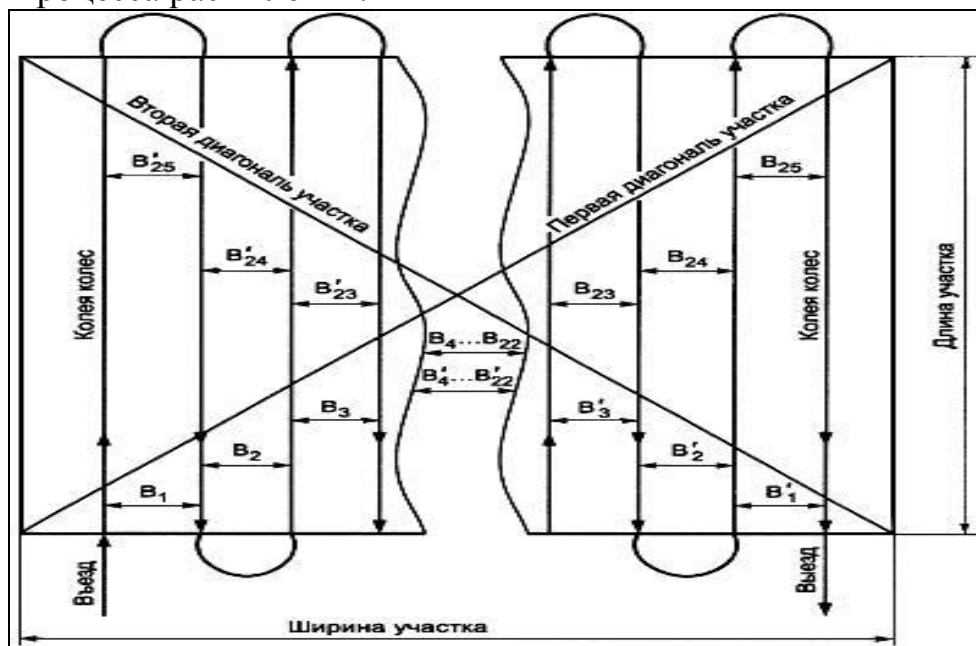


Рисунок 6 – Схема движения опрыскивательной системы и размещения пьезодатчиков ( $B_1$ - $B_n$ )

Обработка результатов полевых исследований производилась с использованием информационно-программного комплекса, который позволил:

- структурировать данные, полученные в процессе распыления пестицидов по массе осаждаемых на растения и почву химических веществ, скорости движения, температуре и влажности воздуха;
- сформировать запросы по дате распыления, участкам обработки, используемой опрыскивательной технике и распылительным устройствам;
- сформировать отчеты о результатах исследования в форме сводных таблиц и диаграмм.

Для анализа результатов полевых исследований возникла необходимость разработки и обоснования показателя, характеризующего экологическую безопасность данного процесса. В качестве такого показателя разработан показатель экологической безопасности внесения пестицидов ( $\Pi_{эб}$ ).

$\Pi_{эб}$  технологического процесса внесения пестицидов определялся соотношением массы пестицидов, осевших на растения, и массы пестицидов, попавших на почву с учетом индекса токсичности  $LC_{50}$ .

$$\Pi_{эб} = \sum_{i=1}^n \frac{M_{pLC50}}{M_{nLC50}}, \quad (22)$$

где  $M_{pLC50}$  – масса пестицидов на растениях, мг/см<sup>2</sup>;

$M_{nLC50}$  – масса пестицидов на почве, мг/см<sup>2</sup>;

$n$  – число замеров.

Показатель экологической безопасности растений ( $\Pi_{эбр}$ ) после внесения пестицидов определяется соотношением массы пестицидов целевого действия,

необходимых для защиты, и массы пестицидов сверхнормативного действия вредных для объектов обработки с учетом индекса токсичности  $LC_{50}$ :

$$P_{\text{эбр}} = \sum_{i=1}^n \frac{M_p}{M_{p_{LC50}}} \quad (23)$$

Показатель экологической безопасности почвенного слоя ( $P_{\text{эбп}}$ ) как фактор загрязнения окружающей среды характеризуется соотношением массы пестицидов на почве к массе их превышения с учетом индекса токсичности  $LC_{50}$ :

$$P_{\text{эбп}} = \sum_{i=1}^n \frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{п}_{LC50}}} \quad (24)$$

Условием экологической безопасности является  $P_{\text{эб}} > 1$ , т. е. масса пестицидов целевого действия превышает массу пестицидов, загрязняющих почву.

Относительно процесса распыления пестицидов в сельскохозяйственном производстве предлагается рассмотрение трех случаев:

1.  $P_{\text{эб}} > 1$  – экологическая безопасность процесса распыления считается обеспеченной.

2.  $P_{\text{эб}} < 1$  – провести мероприятия по модернизации распылительных устройств и оптимизации технологического процесса.

3.  $P_{\text{эб}} = 1$  – провести мероприятия по изучению режимов технологического процесса распыления пестицидов.

Предложенные методики и программа проведения стендовых и полевых исследований процесса распыления пестицидов опрыскивательными системами с щелевыми распылительными устройствами позволила оценить показатель экологической безопасности с учетом особенностей технологического процесса и перспективу его повышения в условиях экономических ограничений. Для исследования процесса распыления пестицидов на соответствие параметрам экологической безопасности возникает необходимость разработки комплекса, позволяющего оперативно в полевых условиях получать данную информацию с целью принятия решений.

**В пятой главе** обосновано применение методик проведения исследования технологического процесса распыления пестицидов с целью повышения экологической безопасности, что требует разработки соответствующего информационно-программного обеспечения.

Исходным материалом для разработки информационно-программного комплекса в рамках настоящей работы являлись статистические данные филиала ФГУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Алтайскому краю по видам опрыскивательных систем, используемым химическим средствам и по районам обработки (таблица 5).

Основным элементом информационно-программного комплекса является СУБД MS Access, позволяющая аккумулировать воедино информацию из разных источников и быстро находить требуемые показатели. С целью оперативной обработки информации и регулирования технических параметров процесса химической обработки растений в режиме реального времени создано программное обеспечение на основе языка программирования Visual Basic for Applications (VBA).

Таблица 5 – Сводная база данных для проведения технологического процесса распыления пестицидов (фрагмент)

| Гербицид<br>(название, действующее<br>вещество)<br>Класс опасности 2 и 3.                                                                      | Норма<br>расхода<br>препара<br>та Q,<br>кг/га | Обраба-<br>тываемая<br>культура | Вредитель                                             | Способ<br>обработки/распылительная<br>техника                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Элант-премиум<br>(2,4-Д-кислоты сложный<br>2-этилгексиловый эфир<br>442г/л,<br>Дикамбы кислоты,<br>сложный 2-этилгекси-<br>ловый эфир 70,6г/л) | 0,6-0,9                                       | Зерновые                        | Вьюнок<br>полевой,<br>двудольные<br>сорняки,<br>осоты | Штанговые опрыскиватели<br>(КР-0295 на базе автомобиля<br>«Ниссан-Атлас»)                                                                                                                      |
| Зеллек-супер (галооксифоп<br>104 г/л)                                                                                                          | 0,5-1,0                                       | Свекла                          | Овсюг,<br>метлица                                     | Аэрозольный генератор (ГРД<br>на базе автомобиля ЗИЛ<br>131), штанговые опрыскива-<br>тели (КР-0295 на базе<br>автомобиля «Ниссан-Атлас»)                                                      |
| Бицепс 22 (десмедифам,<br>фенмедифам – класс бис-<br>карбаматы)                                                                                | 1-3                                           | Свекла                          | Паслен<br>черный,<br>пастушья<br>сумка                | Штанговые опрыскиватели<br>(КР-0295 на базе автомобиля<br>«Ниссан-Атлас»,<br>аэрозольный генератор (ГРД<br>на базе автомобиля ЗИЛ 131))                                                        |
| Фурекс<br>(феноксапроп-П-этила<br>90 г/л)                                                                                                      | 0,6-0,9                                       | Подсол-<br>нечник               | Однолетние<br>злаковые<br>сорняки                     | «Керкитокс» на базе<br>трактора МТЗ-82,<br>аэрозольный генератор (ГРД<br>на базе автомобиля «Ниссан-<br>Атлас»), штанговые<br>опрыскиватели (КР-0295 на<br>базе автомобиля «Ниссан-<br>Атлас») |

Информационно-программное обеспечение процесса проведения исследований позволяет:

- накапливать в базы данных информацию по объектам технологического процесса внесения пестицидов;
- исследовать характеристики и проводить дифференциацию используемых пестицидных препаратов по классу опасности;
- анализировать технологии и технические средства распыления пестицидов;
- исследовать способы распыления пестицидов на экологическую безопасность;
- учитывать тип вредителей, против которого направлено данное химическое вещество;
- вести учет метеорологических параметров процесса распыления пестицидов.

Сводная база данных является входными параметрами технологического процесса распыления, позволяющего с помощью программного обеспечения

сформировать выходные данные по оценке его экологической безопасности (рисунок 7).

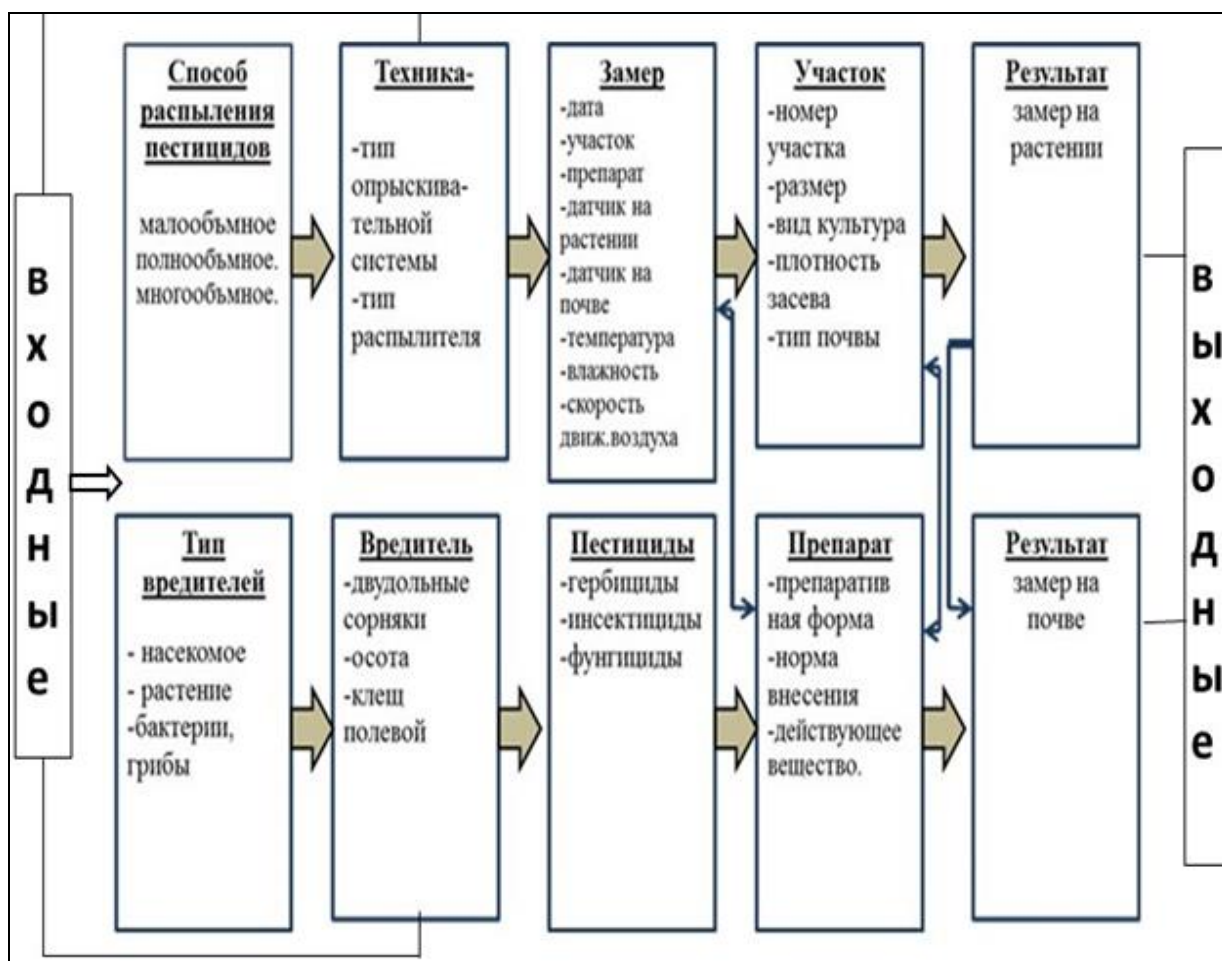


Рисунок 7 – Блок-схема базы данных технологического процесса распыления пестицидов и оценка его экологической безопасности

Диалоговый режим управления объектами информационно-программного комплекса организован следующим образом. На первом этапе осуществляется выбор защищаемой культуры и вид вредителя, затем пользователю предлагается список пестицидных препаратов, вид опрыскивательной системы с учетом требуемого распылительного устройства.

На рисунке 8 представлена иерархия вызова объектов информационно-программного комплекса через главную кнопочную форму.

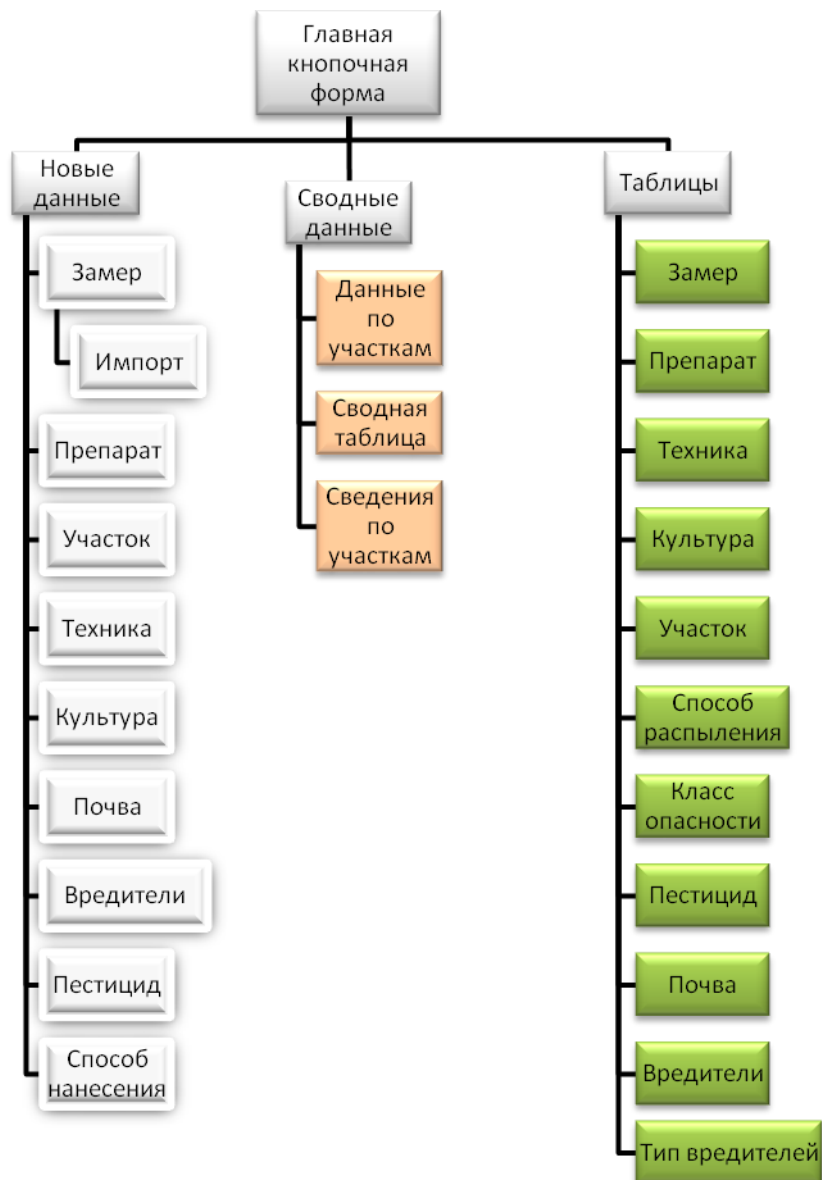


Рисунок 8 – Управление объектами системы

Источником первичной информации в рамках данного исследования выступали пьезодатчики на участках, где проводятся измерения (схема расположения датчиков представлена на рисунке 6), которые передают собранную информацию в электронном виде за определенный период времени.

Вся информация, полученная во время замера с датчиков, отправляется на компьютер, где в последствии обрабатывается системой анализа и оценки информации. В систему анализа и обработки полученные данные замеров приходят не только с датчиков о количестве пестицидов, осаждаемых на растения и почву, а также с GPS устройств снимаются показания о температуре, скорости и направлении ветра, влажности воздуха. Схема размещения оборудования для проведения исследования технологического процесса распыления пестицидов представлена на рисунке 9.

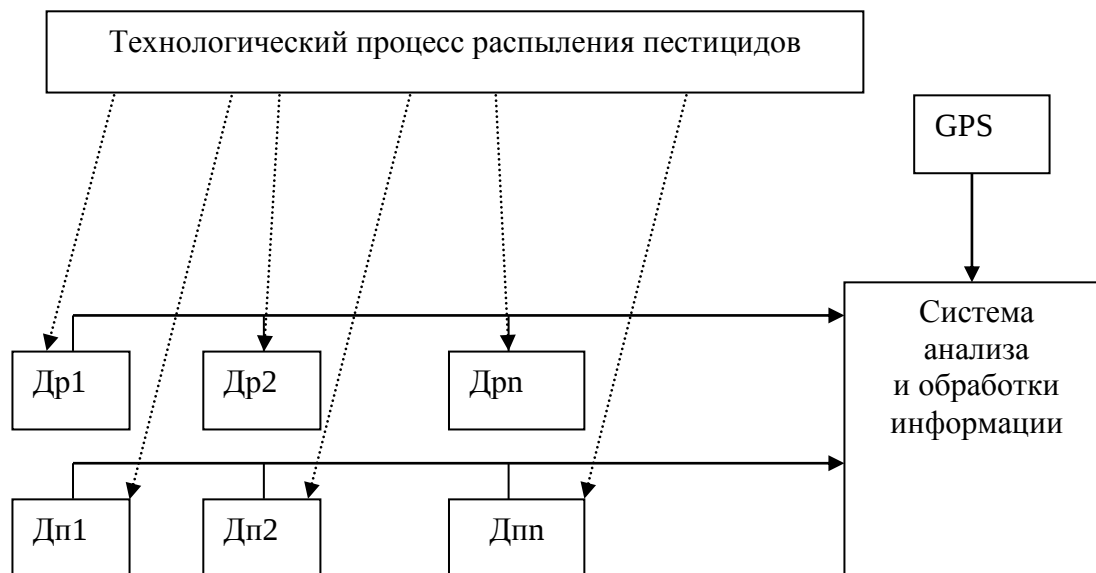


Рисунок 9 – Схема размещения оборудования для проведения исследования технологического процесса распыления пестицидов:

Др1, Др2, Дрп – датчик, установленный на уровне растений;

Дп1, Дп2, Дпн – датчик, установленный на почве;

GPS – устройство навигации, установленное в опрыскивательной системе для получения информации о температуре воздуха, влажности и скорости ветра;

.....→ технологический процесс распыления пестицидов;

————→ данные о массе пестицидов на почве и растениях

Полученные в ходе проведения эксперимента данные оформляются в виде комплексной программы, работающей под операционными системами Windows 2007 в среде Builder (с традиционными языками программирования С, С++, Java и VBA, позволяют визуализировать полученные данные результатов измерений (рисунок 10).

| data ▾      |              |         |              |           |              |         |              |             |     |
|-------------|--------------|---------|--------------|-----------|--------------|---------|--------------|-------------|-----|
| Все         |              |         |              |           |              |         |              |             |     |
| Участок ▾   |              |         |              |           |              |         |              |             |     |
| Участок 1   |              |         |              | Участок 2 |              |         |              | Общие итоги |     |
| + -         |              | + -     |              | + -       |              | + -     |              | + -         |     |
| Time ▾      | На растениях | В почве | На растениях | В почве   | На растениях | В почве | На растениях | В почве     |     |
| 10:00       | +            |         |              | 15        | 20           |         |              | 15          | 20  |
| 10:25       | +            |         |              | 15        | 15           |         |              | 15          | 15  |
| 14:16       | +            |         |              | 36        | 42           |         |              | 36          | 42  |
| 15:15       | +            | 24      | 90           |           |              | 22      | 36           | 46          | 126 |
| 15:16       | +            | 24      | 90           |           |              | 30      | 30           | 54          | 120 |
| Общие итоги | +            | 48      | 180          | 66        | 77           | 52      | 66           | 166         | 323 |

Рисунок 10 – Результаты исследования процесса распыления (скриншот)

В качестве основных объектов исследования технологического процесса выделены технические средства внесения пестицидов, используемые на территории Алтайского края (таблица 6).

Таблица 6 – Технические средства распыления пестицидов, используемые при разработки информационно-программного комплекса

| №  | Вид опрыскивательной техники                                                                                                                                                                                            | Вид распыления                                                                                                                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Универсальная опрыскивательная система КР-0295 на базе автомобиля «Ниссан-Атлас», оборудованная системой спутниковой навигации GPS и компьютером типа Pocket PC                                                         | Малообъемное ( $Q = 75 \div 200 \text{ дм}^3/\text{га}$ ),<br>Полнообъемное ( $Q = 200-300 \text{ дм}^3/\text{га}$ ),<br>Ультрамалообъемное до $Q = 25 \text{ дм}^3/\text{га}$ ) |
| 2. | Универсальная самоходная опрыскивательная установка СУМО-24 монтируется на автомобиль ЗИЛ 131, оборудована системой спутниковой навигации GPS, но не имеет автоматической системы управления расходом рабочей жидкости. | Малообъемное ( $Q = 75 \div 200 \text{ дм}^3/\text{га}$ )                                                                                                                        |
| 3. | Аэрозольный генератор ГРД на базе автомобиля ЗИЛ 131                                                                                                                                                                    | Полнообъемное ( $Q = 200-300 \text{ дм}^3/\text{га}$ ),<br>Многообъемное ( $Q > 300 \text{ дм}^3/\text{га}$ ),<br>Малообъемное ( $Q = 75 \div 200 \text{ дм}^3/\text{га}$ )      |
| 4. | Опрыскивательная система «Антей» на базе автомобиля ГАЗ 66                                                                                                                                                              | Малообъемное ( $Q = 75 \div 200 \text{ дм}^3/\text{га}$ )                                                                                                                        |

Предложенный информационно-программный комплекс оценки экологической безопасности, его информационное обеспечение позволяют исследовать технологический процесс в удаленном режиме, проводить изменения параметров внесения пестицидов ( $P$ , МПа;  $Q$ ,  $\text{дм}^3/\text{га}$ ), разрабатывать рекомендации по повышению экологической безопасности по выявленным критериям и результатам математического моделирования.

В шестой главе представлены основные результаты, полученные при стендовых и полевых исследованиях в 11 районах Алтайского края, обоснована необходимость модернизации целевого распылительного устройства, рассчитана эколого-экономическая эффективность результатов научных исследований.

Разработанная методология оценки и выбора решений по повышению экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов позволила выделить основные –  $A_{\text{пд}}$ ,  $A_{\text{гп}}$  и обеспечивающие –  $A_{\text{рр}}$  и  $A_{\text{нррж}}$  критерии.

В результате математического моделирования установлена зависимость между основными критериями повышения экологической безопасности и техническими характеристиками распылительных устройств при давлении  $P = 0,2 - 0,3 \text{ МПа}$ . Для подтверждения выявленных закономерностей проведены стендовые и полевые исследования по разработанным методикам и программе, изложенной в главе 4.

Анализ результатов стендовых исследований целевых распылителей показал, что соответствие измеренной и расчетной индикатрис распыления достигается при аппроксимации дисперсного состава капель  $d_m = 200 \div 300 \text{ мкм}$ .

При проведении полевых исследований были рассмотрены штанговые опрыскивательные системы, оборудованные целевыми распылителями, наиболее используемыми на территории Алтайского края. По результатам проведенных полевых исследований рассчитан  $\Pi_{\text{эб}}$  процесса внесения пестицидов (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты полевых исследований процесса распыления пестицидов на соответствие показателю экологической безопасности (фрагмент)

| Дата проведения замеров | Время исследования | Номер участка | Наименование пестицида | Масса на растениях, т, мг/м <sup>2</sup> | Масса на почве, т, мг/м <sup>2</sup> | Температура воздуха, С° | Влажность, ф, % | Скорость ветра, V, м/сек | Вид опрыскивательной техники                | Тип распылительного устройства | Показатель экологической безопасности пестицидов |
|-------------------------|--------------------|---------------|------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| 10.05.2012              | 7:15               | 1             | Зеллек-супер           | 12                                       | 15                                   | 17                      | 75              | 3                        | ГРД на базе автомобиля ЗИЛ 131              | Центробежный FS 75             | 0,80                                             |
| 11.05.2012              | 7:15               | 2             | Фурекс                 | 15                                       | 16                                   | 17                      | 75              | 3                        | КР-0295 на базе автомобиля «Ниссан-Атлас»   | Щелевой ST 110.03              | 0,93                                             |
| 12.05.2012              | 8:15               | 3             | Элант премиум          | 13                                       | 45                                   | 18                      | 75              | 3-4                      | Антей на базе автомобиля ГАЗ 66             | Щелевой F 110.05               | 0,28                                             |
| 13.05.2012              | 7:18               | 1             | Элант премиум          | 12                                       | 25                                   | 17                      | 80              | 5                        | Антей на базе автомобиля ГАЗ 66             | Щелевой F 110.05               | 0,48                                             |
| 20.05.2012              | 8:15               | 3             | Элант премиум          | 18                                       | 19                                   | 16                      | 75              | 3                        | КР-0295 на базе автомобиля «Ниссан-Атлас»   | Щелевой ST 110.04              | 0,98                                             |
| 25.05.2012              | 7:16               | 3             | Элант премиум          | 15                                       | 16                                   | 12                      | 75              | 3-4                      | КР-0295 на базе автомобиля «Ниссан-Атлас»   | Щелевой ST 110.03              | 0,93                                             |
| 22.04.2012              | 7:19               | 2             | Зеллек-супер           | 19                                       | 21                                   | 11                      | 75              | 3                        | КР-0295 на базе автомобиля «Ниссан-Атлас»»» | Щелевой ST 110.03              | 0,90                                             |

Выявлено, что лучшими характеристиками, с позиции экологической безопасности с учетом эффективности результатов распыления, обладает опрыскивательная система КР-0295 на базе автомобиля «Ниссан-Атлас», при  $P_{эб} = 0,95 \div 0,98$ . Данное значение показателя экологической безопасности внесения пестицидов свидетельствует о необходимости проведения мероприятий по модернизации распылительных устройств и совершенствованию технологического процесса.

Однако полученные результаты полевых исследований выявили широкий диапазон образующихся капель, в спектре распыла от  $d_m=100$  мкм до  $d_m= 400 \div 600$  мкм, что не соответствует требованиям экологической безопасности при гербицидной обработке. Приведенный размер капель не обеспечивает требуемую густоту покрытия, скатывается с поверхности листьев и уносится ветром. Для повышения экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов с нормой расхода рабочей жидкости ( $Q=150 \div 300$  дм<sup>3</sup>/га) при условии

обеспечения эффективности результатов распыления, несмотря на увеличение диаметра капли  $d_m = 250 \div 300$  мкм, было предложено использовать модернизированный и защищенный Патентом на полезную модель щелевой распылитель, оборудованный конусом первоначального распыления, который позволил уменьшить давление внутри распылителя и регулировать диаметр образующихся капель (рисунок 11).

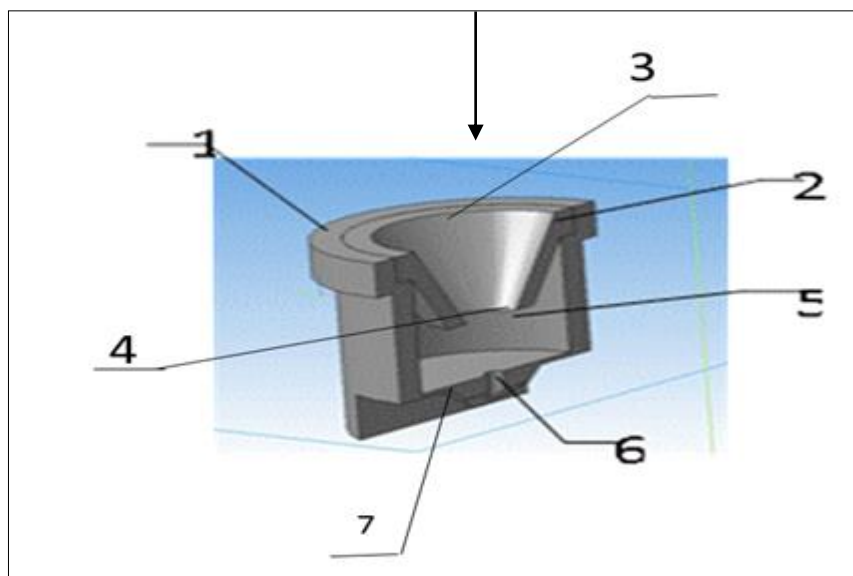


Рисунок 11 – Распылительное устройство

1 – корпус, 2 – конус первоначального распыла; 3 – большое основание конуса;  
4 – меньшее основание конуса; 5 – камера смесеобразования;  
6 – диффузорное отверстие; 7 – днище конуса

Результаты полевых исследований опрыскивательной системы, оборудованной модернизированными распылителями, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты исследования технологического процесса распыления пестицидов типовыми и модернизированными распылительными устройствами при  $P = 0,1 \div 0,5$  МПа

| Давление<br>в системе, Р,<br>МПа | Исследуемые параметры технологического процесса |       |                                                       |       |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|
|                                  | Диаметр капель, d, мкм                          |       | Густота покрытия, $\lambda$ , капель /см <sup>2</sup> |       |
|                                  | ТРУ*                                            | МРУ** | ТРУ*                                                  | МРУ** |
| 0,1                              | 600                                             | 500   | 70                                                    | 80    |
| 0,2                              | 400                                             | 360   | 90                                                    | 100   |
| 0,3                              | 300                                             | 250   | 100                                                   | 120   |
| 0,4                              | 250                                             | 200   | 120                                                   | 140   |
| 0,5                              | 70-100                                          | 180   | 200                                                   | 170   |

\*Типовое распылительное устройство

\*\*Модернизированное распылительное устройство

По результатам проведенных полевых исследований типовых и модернизированных распылительных устройств была подтверждена зависимость

между диаметром образуемых капель ( $d_m$ ), давлением в системе (P) и требуемой густотой покрытия ( $\lambda$ ). Модернизированное распылительное устройство позволило обеспечить формирование капель диаметром  $d_m = 250 \div 350$  мкм при давлении  $P = 0,2 \div 0,3$  МПа, что подтверждено результатами математического моделирования и является необходимым условием повышения экологической безопасности процесса внесения пестицидов.

Проверка погрешностей полученных результатов осуществлялась с использованием уравнения регрессии с учетом F-критерия Фишера Снедекора и t- критерия Стьюдента и составила от 8-10 %.

При проведении эколого-экономической оценки результатов научных исследований был произведен расчет денежного эквивалента вреда земельным ресурсам, вызванного пестицидным загрязнением нецелевого воздействия с учетом предложенных показателей – Ио (оценочный индекс для отдельных гербицидных препаратов, адаптированный к конкретной категории почв) и Иср. (средний оценочный индекс используемого ассортимента гербицидов с учетом величины нагрузки гербицидов на единицу земельной площади и скорректированного индекса способности самоочищения).

Предотвращенный ущерб, наносимый плодородному слою почв Алтайского края с учетом оценочных индексов, составил 187,52 тыс. руб.

Экономический эффект при использовании модернизированного распылителя составляет 84,81 тыс. руб. (таблица 9).

Таблица 9 – Эколого-экономическая эффективность результатов научных исследований

| Технологический процесс распыления                                            | Затраты на гербициды/модернизацию, тыс. руб | Расход рабочей жидкости, дм <sup>3</sup> /га | Расход топлива опрыскивательной машины, кг/га |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Опрыскивательная система КР-0295, распылительное устройство ST 110.03         | 539,7                                       | 300                                          | 63.3                                          |
| Опрыскивательная система КР-0295, модернизированное распылительное устройство | 449,5/20,0                                  | 260                                          | 50                                            |
| Экономия за год, тыс. руб.                                                    | 70,18                                       |                                              | 14,630                                        |
| Общая сумма составляет 84.81 тыс. рублей на 1000 га .                         |                                             |                                              |                                               |

Суммарное значение эколого-экономического эффекта составляет 273,32 тыс. руб. на 1000 га.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в диссертационной работе по решению проблемы повышения экологической безопасности процесса внесения пестицидов в сельскохозяйственном производстве за счет совершенствования технологического процесса, сделаны следующие выводы:

1. На основе анализа современного состояния проблемы экологической безопасности процесса внесения пестицидов выявлено, что в период с 2014-2019 годы, по данным международной организации *Busines Stat*, в связи с сокращением количества пахотных земель и ростом численности населения планеты объем использования пестицидов в мире будет возрастать в среднем на 6,2 % в год. Данная тенденция наблюдается и в России. За последние 20 лет количество используемых средств защиты растений в Алтайском крае возросло на 30 %, что привело к увеличению пестицидной нагрузки на почву до 77 %. Так как в настоящее время химический способ защиты растений является единственным экономически обоснованным средством повышения урожайности, возникает необходимость обоснования и разработки механизма повышения его экологической безопасности.

2. Определены и систематизированы критерии, характеризующее опасное воздействие на окружающую среду: индикатор токсичности ( $LC_{50}$ ), индикатор стойкости ( $DT_{50}$ ) и индикатор подвижности пестицидов в средах ( $K_d$ ).

В качестве основных технических средств, обеспечивающих технологический процесс распыления пестицидов, наилучшими показателями обладают штанговый опрыскиватель КР-0295, опрыскивательная система ОП-2000 М и самоходная универсальная опрыскивательная система СУМО – 24.

Впервые разработана методология оценки и выбора критериев экологической безопасности технологического процесса распыления пестицидов, позволяющая на основе метода вероятностного анализа получить количественные и качественные зависимости в системе «человек-машина-среда».

Определены основные –  $A_{\text{пд}}$  (критерий предела диспергирования),  $A_{\text{гп}}$  (критерий густоты покрытия) и обеспечивающие критерии –  $A_{\text{рр}}$  (критерий равномерности распределения),  $A_{\text{нррж}}$  (критерий нормы расхода рабочей жидкости) экологической безопасности процесса распыления. Выявлены показатели эффективности технологического процесса: равномерность распределения рабочей жидкости ( $\gamma$ ), дисперсность распыляемой жидкости ( $d_m$ ) и густота покрытия листовой поверхности ( $\lambda$ ), которые являются производными экологической безопасности. В результате анализа совпадения оценок  $d_m$  и  $\lambda$  по критериям Вальда, Сэвиджа и Гурвица установлено, что технологические параметры процесса распыления должны обеспечиваться при требуемых  $d_m = 300 \div 350$  мкм и  $\lambda = 75 \div 100$  капель /см<sup>2</sup> при  $\gamma > 15$  %.

Получены весовые значения основных и обеспечивающих критериев:  $A_3 - 0,9$ ;  $A_{\text{пд}} - 0,87$ ;  $A_{\text{умо}} - 0,63$ ;  $A_{\text{мо}} - 0,5$ ;  $A_{\text{по}} - 0,7$ ;  $A_{\text{тв}} - 0,97$ ;  $A_{\text{ск}} - 0,65$ ;  $A_3 - 0,97$ ;  $A_{\text{д}} - 1$ ;  $A_{\text{гп}} - 0,97$ ;  $A_{\text{т}} - 1$ ;  $A_{\text{нррж}} - 0,5$ , позволяющие ранжировать их значимость для повышения экологической безопасности.

3. Разработана математическая модель процесса распыления пестицидов, которая позволяет с учетом процессов распада струи жидкости в распылительном

устройстве, распределения рабочей жидкости по обрабатываемой поверхности, осаждения рабочей жидкости на объект обработки, получить данные для создания нового конструктивного решения - распылительного устройства, определить его эскизные параметры и обеспечить формирование  $d_m$  капель жидкости, соответствующих необходимым требованиям. Получены зависимости между:

- давлением в распылителе и  $d_m$  образуемых капель. При  $P = 0,2 \div 0,3$  МПа размер создаваемых капель составляет  $d_m = 300 \div 350$  мкм, что соответствует критерию экологической безопасности технологического процесса;

- количеством и размером капель на единицу листовой поверхности с учетом необходимой степени покрытия при заданной минимальной густоте покрытия  $\lambda = 25$  капель /см<sup>2</sup> с распылением  $d_m = 300 \div 350$  мкм при  $K_p = 2$ ;

- дисперсностью образуемых капель и оптимальной степенью покрытия. С вероятностью 0,95 % степень покрытия составила  $U_{кр} \leq 15,58$ . Вероятность получения степени покрытия  $U_{кр} < 12$  % составила 2,99.

4. Разработаны методики и программа проведения полевых исследований процесса распыления пестицидов опрыскивательной системой, оборудованной щелевым распылителем, позволяющие по разработанному показателю экологической безопасности внесения пестицидов ( $P_{эб}$ ) с учетом особенностей технологического процесса и технологических режимов производить оценку перспектив повышения экологической безопасности процесса химизации земель. Условием обеспечения экологической безопасности является значение  $P_{эб} > 1$ . При исследовании опрыскивательных систем в полевых условиях значение  $P_{эб} = 0,54 \div 0,98$ , что свидетельствует о необходимости проведения мероприятий по модернизации распылительных устройств и оптимизации технологического процесса.

5. Создан и апробирован в полевых условиях информационно-программный комплекс оценки экологической безопасности процесса распыления пестицидов, позволяющий проводить оперативную обработку информации, контролировать и регулировать технологический процесс внесения пестицидов, разрабатывать рекомендации по параметрам распыления в режиме реального времени.

6. Результаты проведенных полевых исследований типовых распылительных устройств показали, что требованиям экологической безопасности процесса распыления пестицидов соответствуют штанговые опрыскивательные системы, оснащенные на 70 % щелевыми распылителями. Количество капель, испаряющихся или уносимых за зону обработки  $d_m = 100$  мкм в факеле распыла щелевых распылителей, составляет 9-15 %, при массе рабочей жидкости 2 %, что не соответствует требованиям экологической безопасности.

Разработанный и подтвержденный Патентом на полезную модель распылитель прошел полевые исследования. Модернизированное распылительное устройство позволяет сформировать размер капель  $d_m = 250 \div 350$  мкм при  $P = 0,2 \div 0,3$  МПа, что является необходимым условием повышения экологической безопасности процесса распыления пестицидов.

Разработана и реализована методология оценки денежного эквивалента вреда земельным ресурсам, вызванного пестицидным загрязнением, основанная на учете затрат по восстановлению нарушенного состояния почв, составившего

185,5 тыс. руб. с 1000 га. Рассчитан прямой экономический эффект за счет сокращения использования пестицидов – 70,18 тыс. руб. за 1 год с площади 1000 га.

Общий годовой эколого-экономический эффект составил 273,32 тыс. руб.

**Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:**

**Публикации в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ**

1. **Ударцева, О. В.** Анализ факторов устойчивого развития Алтайского края / О. В. Ударцева // Естественные и технические науки. – М. : Изд-во «Компания Спутник +», 2009. – № 3. – С. 135-140.

2. **Ударцева, О. В.** Экологическая безопасность как критерий устойчивого развития Западной Сибири / О. В. Ударцева // Вестник Российского университета дружбы народов; серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – 2009. – № 4. – С. 93-97.

3. **Ударцева, О. В.** Геоэкологические аспекты устойчивого развития / О. В. Ударцева // Естественные и технические науки. – М. : Изд-во «Компания Спутник+», 2009. – № 6. – С. 461-463.

4. **Ударцева, О. В.** Исследование оптимального метода внесения пестицидов по экологического параметру / О.В. Ударцева // Естественные и технические науки. – М. : Изд-во «Компания Спутник+», 2010. – № 6. – С. 205-207.

5. **Ударцева, О. В.** Исследование характеристик опрыскивательных систем как инструмент экологического мониторинга / О. В. Ударцева // Естественные и технические науки. – М. : Изд-во «Компания Спутник +», 2011. – № 1. – С. 59-61.

6. **Ударцева, О. В.** Исследование различных технологий внесения пестицидов, используемых в Алтайском крае / О. В. Ударцева // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8, ч. 1. – С. 185-187.

7. **Ударцева, О. В.** Определение дисперсности аэрозольных пестицидов методом пьезорезонансного микровзвешивания / О. В. Ударцева // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12, ч. 2. – С. 382-384.

8. **Ударцева, О. В.** Методы и приборы оценки аэрозольных пестицидов по экологическому параметру / О. В. Ударцева // Экологические системы и приборы. – 2011. – № 10. – С. 53-55.

9. **Ударцева, О. В.** Оптимизация процесса проведения оценки экологических параметров внесения пестицидов / О. В. Ударцева // Современные проблемы науки и образования. – № 1. – 2012 [электронный журнал] Идентификационный номер: 0421200037 \ 0188.

10. **Ударцева, О. В.** Использование беспроводных сенсорных сетей для системного мониторинга пестицидов в биосфере / О. В. Ударцева, В. Н. Седалищев // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3, ч. 3. – С. 657-659.

11. **Ударцева, О. В.** Исследование процесса аэрозольного распыления пестицидов на основе информационно-программного комплекса / О. В. Ударцева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5. – С. 50-54.

12. **Ударцева, О. В.** Информационно-программное обеспечение экологического мониторинга аэрозольного распыления пестицидов / О. В. Ударцева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6, ч. 2. – С. 310-314.

13. **Ударцева, О. В.** Разработка информационно-программного обеспечения экологического мониторинга аэрозольного распыления пестицидов / О. В. Ударцева // Известия Алтайского государственного университета. Раздел «Управление, вычислительная техника и информатика». – 1/1-2013. – С. 125-127.

14. **Ударцева, О. В.** Оценка экологичности процесса аэрозольного распыления пестицидов с использованием информационно-программного комплекса / О. В. Ударцева // Известия Алтайского государственного университета. Раздел «Управление, вычислительная техника и информатика». – 1/2-2014. – С. 127-129.

15. **Ударцева, О. В.** Оценка распылительных устройств процесса химизации земель с использованием информационно-программного комплекса / О. В. Ударцева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4(126). – С. 160-164.

#### **Патенты и Свидетельства о регистрации программ ЭВМ**

16. **Ударцева, О. В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Оценка процесса аэрозольного распыления пестицидов» / О. В. Ударцева. – №2013618765, 2013.

17. **Ударцева, О. В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Оценка эффективности распылителей пестицидов» / О. В. Ударцева. – № 2014612369, 2014.

18. **Ударцева, О. В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Оценка экологической безопасности процесса распыления пестицидов» / О. В. Ударцева. – № 2014619532, 2014.

19. **Ударцева, О. В.** Патент на полезную модель «Распылительное устройство» / О. В. Ударцева. – № 2015116174, Бюлл. № 32, 2015.

#### **Публикации в других изданиях**

20. **Ударцева, О. В.** Повышение экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве: монография / О. В. Ударцева, А. А. Мельберт; под общ. ред. А. А. Мельберт, О. В. Ударцевой. – Барнаул, 2015. – 90 с.

21. **Ударцева, О. В.** Проблемы обеспечения экологической безопасности региона / О. В. Ударцева, А. Л. Новоселов // Вестник Академии. – 2006. – №4. – С. 107-109.

22. **Ударцева, О. В.** Анализ критериев экологической безопасности / О. В. Ударцева // Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – приоритетные направления обеспечения комплексной безопасности населения юга Западной Сибири: сб. матер. науч.-практ. конф. студ. и преп. – Барнаул : Изд-во "Азбука", 2008. – С. 224-230.

23. **Ударцева, О. В.** Экологическая безопасность как составляющая устойчивого развития и национальной безопасности страны / О. В. Ударцева // Экономика и предпринимательство: стратегия и тактика реформ-2009: матер. четвертой ежегодной междунар. науч.-практ. конф. : в 2 т. – Барнаул : Изд-во "Азбука", 2009. – Т. 2. – С. 45-49.

24. **Ударцева, О. В.** Имитационное моделирование как инструмент экологического мониторинга земель / О. В. Ударцева // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 11. – С. 55-56.

25. **Ударцева, О. В.** Задачи экологического мониторинга пестицидов в окружающей среде / О. В. Ударцева // Актуальные научные достижения. – Изд-во Praha Publishing House: «Education and Science», 2011. – С. 23-29.

26. **Ударцева, О. В.** Исследование факторов содействия и препятствия устойчивого развития территории Алтайского края / О. В. Ударцева // Современный научный вестник. – 2011. – № 13(109). – С. 72-79.

27. **Ударцева, О. В.** Методология системного экологического мониторинга концентраций пестицидов в почве / О. В. Ударцева // Современный научный вестник. – 2012. – № 25(137). – С. 97-100.

28. **Ударцева, О. В.** Использование информационных технологий в сельском хозяйстве / О. В. Ударцева // Предпринимательство и инновации. Региональные приоритеты и перспективы развития: матер. межвуз. науч.-практ. конф. – Барнаул : Изд-во "Азбука", 2012. – С. 137-144.

29. **Ударцева, О. В.** Оценка эффективности процесса аэрозольного распыления пестицидов с использованием программно-информационного комплекса / О. В. Ударцева // Электронное периодическое издание «Живые и биокосные системы». – №5. – 2013. – 10 с.

30. **Ударцева, О. В.** Системное взаимодействие «человек-машина-среда» процесса аэрозольного распыления пестицидов / О. В. Ударцева // Efektivninastrajemodernichved 2014: Materialy X mezinardni vedeckoraktika conference Ecologie Zemepisageologie Dil 25. – Изд-во Praha Publishing House: «Education and Science», 2014. – С. 23-28.

31. **Ударцева, О. В.** Исследование вариантов реализации информационного и программного обеспечения процесса аэрозольного распыления пестицидов / О. В. Ударцева // Veda Technologie: Krok DOBudoucnosti-2014: Materialy X mezinardni vedecko praktika conference Moderni informacni technologie Dil 32. – Изд-во Praha Publishing House: «Education and Science», 2014. – С. 41-46.

32. **Ударцева, О. В.** Техничко-технологическая модель оценки экологической безопасности и эффективности процесса распыления пестицидов / О. В. Ударцева // Aplikov anevedeckenovinky 2014: Materialy X mezinardni vedecko praktika conference Ecologie Zemepisageologie Dil 15 Изд-во Praha Publishing House: «Education and Science», s.r.o., 2014. – С. 28-33.

33. **Ударцева, О. В.** Методика оценки экологической безопасности и эффективности процесса аэрозольного распыления пестицидов / О. В. Ударцева // Aplikov anevedeckenovinky 2014: Materialy X mezinardni vedecko - praktika conference Ecologie Zemedelstvi Zverolekarstvi Dil16. – Изд-во Praha Publishing House :«Education and Science», s.r.o., 2014. – С. 6-11.

34. **Ударцева, О. В.** Анализ основных критериев обеспечения экологической безопасности процесса распыления пестицидов / О. В. Ударцева // “Fundamental and appliedscience» -2014: Material softhe X International researchandpractice conference / Volume 15. Ecology. Geography and geology. Sheffield. Sciene and education LTD, 2014. – С. 21-26.

35. **Udartseva, O.** Method of assessment process environmental safety pesticide spraying / O. Udartseva, R. Bachurin // Materials of the XI international scientific and practical conference «Cuttinc-Edge science 2015». April 30-May 7, 2015 Volume 28 Technical sciences/Sheffield science Education l, 2015. – С. 10-13.

36. **Ударцева, О. В.** Информационное обеспечение системы анализа и обработки информации процесса аэрозольного распыления пестицидов / О. В. Ударцева // *Stredoevropsky Vestnik pro Veda a Vyzkum*. – 2015. – Т. 53. – С. 148.

37. **Ударцева, О. В.** Экологичность современных технологических процессов / О. В. Ударцева // *Промышленная экология и безопасность в современных технологических процессах: тез. российской научн.-техн. конф.* – М. : Изд-во МАТИ, 1994. – С. 7-11.

38. **Ударцева, О. В.** Проблемы экологического образования в высшей школе / О. В. Ударцева // *Подготовка специалистов в вузах в условиях рыночной экономики в системе многоуровневой структуры образования: тез. докл. российской научн.-метод. конф.* – Рубцовск. : Изд-во РИИ, 1995. – С. 46-47.

39. **Ударцева, О. В.** Обеспечение экологической безопасности водителей и пассажиров от выбросов вредных веществ / О. В. Ударцева // *Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей: сб. науч. статей Санкт-Петербургского государственного аграрного университета* – 1997. – С. 36-45.

40. **Ударцева, О. В.** Значимость экологической информации для обеспечения экологической безопасности общества / О. В. Ударцева // *Труды Рубцовского индустриального института*. – Рубцовск : Изд-во РИИ, 2000. – Вып. 7. – С. 233-239.

41. **Ударцева, О. В.** Проблемы внедрения экологического менеджмента в условиях рыночной экономики / О. В. Ударцева // *Интеллектуальный потенциал ученых России: матер. междунар. научн. конф.* – Барнаул : Изд-во АГУ, 2003. – С. 117-123.

42. **Ударцева, О. В.** Экологические перспективы в деятельности современной фирмы / О. В. Ударцева // *Россия: интеграция в мировую экономику: сб. матер. науч.-практ. конф. МосАП при Правительстве Москвы*. – М., Изд-во МосАП, 2005. – С. 369-373.

43. **Ударцева, О. В.** Проблемы преподавания экологического менеджмента в системе дополнительного образования / О. В. Ударцева // *Ползуновский альманах*. – 2005. – № 7. – С. 10-15.

44. **Ударцева, О. В.** Экологическая безопасность как составляющая конкурентоспособности предприятия / О. В. Ударцева // *Вестник Академии* – 2006. – № 3. – С. 115-125.

45. **Ударцева, О. В.** Формирование экологической политики и ее задачи / О. В. Ударцева // *Предпринимательство: региональные приоритеты и перспективы развития: сб. матер. межрег. науч.-практ. конф. студ. и преп.* – Барнаул : Изд-во "Азбука", 2007. – С. 124-128.

46. **Ударцева, О. В.** Экологический мониторинг, как основа оценки экологической безопасности территорий / О. В. Ударцева // *Предпринимательство: региональные приоритеты и перспективы развития: сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. студ. и преп.* – Барнаул : Изд-во "Азбука", 2008. – С. 542-544.

47. **Ударцева, О. В.** Методические указания к дипломному проектированию для студентов всех форм обучения всех специальностей / *Безопасность и экологичность проекта* / О. В. Ударцева. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 1993. – 17 с.

48. **Ударцева, О. В.** Геоэкологические подходы к устойчивому развитию / О. В. Ударцева // *Философия, методология, история знаний: труды Сибирского института знанияведения*. – Барнаул : Изд-во АГУ, 2009. – Вып. 7. – С. 113-117.

подписано в печать 15.07.2016 г. Формат 60х84/16.  
Бумага для множительных аппаратов. Печать ризография.  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ № 13/35

---

РИО Алтайского государственного аграрного университета  
656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98  
тел. 62-84-26